

# Revue des Sciences 1992 & '93

DFO - Library / MPO - Bibliothèque



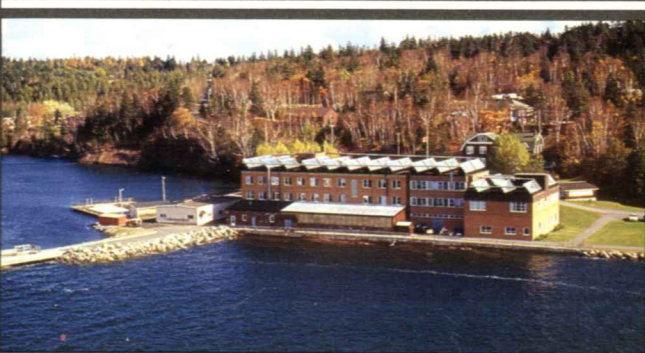
09064486



Institut océanographique de Bedford



Laboratoire de recherche halieutique de Halifax



Station biologique de St. Andrews

Canada

# **Revue des sciences 1992 et 1993**

de

l'Institut océanographique de Bedford,

du Laboratoire de recherche halieutique de Halifax

et de la Station de biologie de St. Andrews

Publication du :

Ministère des Pêches et des Océans

Région de Scotia-Fundy

1994

*La Revue des sciences* de l'Institut océanographique de Bedford, du Laboratoire de recherche halieutique de Halifax et de la Station de biologie de St. Andrews est publiée tous les deux ans par la région de Scotia-Fundy du ministère des Pêches et des Océans.

Prière d'adresser tout changement d'adresse et toute correspondance ayant trait à cette publication à la:

Division de la liaison et de l'évaluation du milieu marin  
Institut océanographique de Bedford  
C.P. 1006  
Dartmouth, (N.-É)  
Canada B2Y 4A2

ISSN: 1182-6541 (français)  
Also available in English  
ISSN: 0846-9121 (English)

Rédactrice: Anna Fiander, Bibliothèque, IOB  
Maquette, Mise en page et assemblage électroniques: Francis Kelly, Technographie, IOB  
Photographies: Auteurs et Technographie, de l'IOB  
Imprimeur: Atlantic Nova Print Co. Inc., Halifax

*La Revue des sciences 1992 et 1993 a été produite à l'aide de  
Power Macintosh 8100/80© computer  
Aldus Freehand©  
Adus Pagemaker©  
Adobe Photoshop©*

*Aldus Freehand© Altys Corporation, Aldus Pagemaker© Aldus Corporation, Adobe Photoshop© Adobe Systems Incorporated, Power Macintosh© Apple Computer, Inc.)*

# Table des matières

## Recherche

Revue de 1992 et 1993

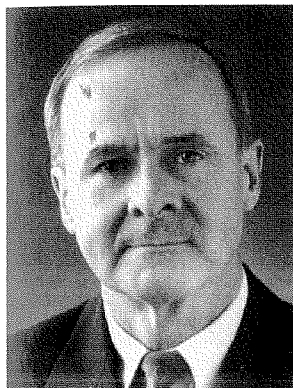
<i>S.B. MacPhee, D.B. Prior et H.B. Nicholls</i> . . . . .	1
Une nouvelle compréhension du plancher océanique grâce à la cartographie multifaisceaux <i>R.C. Courtney et G.B.J. Fader</i> . . . . .	10
Diffusion de la lumière par des bactéries hétérotrophes marines <i>O. Ulloa</i> . . . . .	17
Transferts technologiques à partir de la recherche océanographique <i>H.B. Nicholls et G.H. Seibert</i> . . . . .	20
L'ingénierie dans la science halieutique <i>H. Jansen</i> . . . . .	25
Le registre des colonies d'oiseaux marins du SCF : un système informatisé facilitant l'accès aux données sur les colonies d'oiseaux marins <i>D.N. Nettleship</i> . . . . .	30
Mesures de radioactivité dans l'océan arctique <i>J.N. Smith et K.M. Ellis</i> . . . . .	35
Le système de cartographie des habitats vulnérables : comment rapprocher les scientifiques des gestionnaires <i>P.R. Boudreau</i> . . . . .	40
Observation des concentrations d'euphausaciés dans le bassin de La Have au moyen d'appareils acoustiques installés sur le fond marin <i>N. Cochrane et D.D. Sameoto</i> . . . . .	44
Recherche sur l'aquiculture du flétan à la Station de biologie de St. Andrews <i>K.G. Waiwood, K. G. Howes et J. Reid</i> . . . . .	48
Virage en informatique scientifique <i>D. Swetnam</i> . . . . .	52

Mise sur pied d'une bibliothèque nationale de données géoscientifiques numériques et d'un service d'information public, la chance d'une vie <i>K. D. McAlpine and K. C. Coflin</i> . . . . .	56
Instrumentation pour l'observation in situ de la géodynamique des sédiments marins <i>C. L. Amos, H. A. Christian, D. E. Heffler and W. MacKinnon</i> . . . . .	61
Le rôle de l'océan dans le système climatique <i>D. G. Wright, J. R. N. Lazier and R. A. Clarke</i> . . . . .	67
Initiatives du SHC ayant trait aux cartes électroniques <i>S. T. Grant</i> . . . . .	72
<i>Instructions nautiques</i> - Une nouvelle approche <i>B. Pietrzak</i> . . . . .	75
Traitement de carottages sédimentaires au Centre géoscientifique de l'Atlantique : applications géomécaniques de pointe à la recherche géologique marine <i>K. Moran</i> . . . . .	78
Géologie marine environnementale <i>D. B. Prior and R. A. Pickrill</i> . . . . .	83
L'impact du couplage atmosphère-océan sur la génération des vagues <i>W. Perrie, L. Wang, F. Dobson and B. Toulany</i> . . . . .	90
La topologie et le monde changeant de la fabrication des cartes <i>H. Varma, and D. Frizzle</i> . . . . .	96
<b>Organisation et personnel</b> . . . . .	99
<b>Travaux de recherche</b> . . . . .	101
<b>Missions des navires</b> . . . . .	111
<b>Cartes et publications</b> . . . . .	126

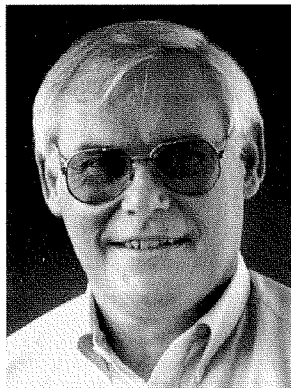
# Recherche

## Revue de 1992 et 1993

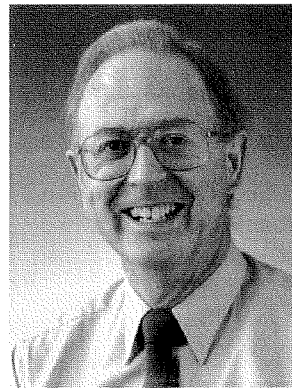
S. B. MacPhee, D. B. Prior et H. B. Nicholls



S. B. MacPhee



D. B. Prior



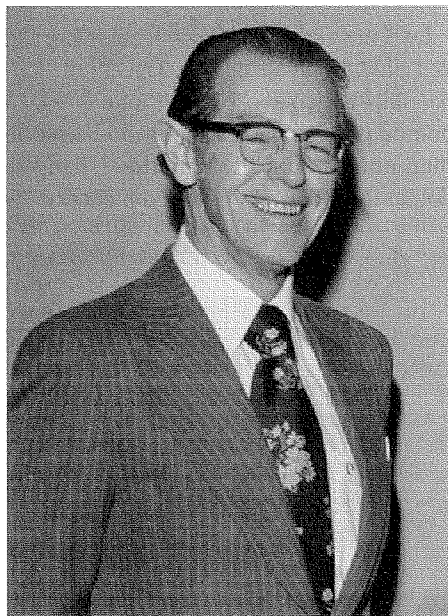
H. B. Nicholls

Les années 1992 et 1993 ont continué d'être marquées par les restrictions financières qui avaient caractérisé la période sur laquelle portait notre revue précédente. Néanmoins, elles ont été intéressantes et fructueuses pour les programmes de recherche et d'étude menés à l'Institut océanographique de Bedford (IOB), au Laboratoire de recherche halieutique de Halifax (LRHH) et à la Station de biologie de St. Andrews (SBSA). Les pages suivantes décrivent les faits majeurs survenus durant la période considérée dans les laboratoires du ministère des Pêches et des Océans (MPO), du ministère des Ressources naturelles et du ministère de l'Environnement.

### Personnel

Un certain nombre de changements importants sont survenus dans les laboratoires au cours de la période 1992-1993. En avril 1992, M. D.I. Ross, directeur du Centre géoscientifique de l'Atlantique (CGA), qui faisait alors partie du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources (EMR), a démissionné pour assumer les fonctions de directeur général de l'Institute of Geological and Nuclear Sciences, en Nouvelle-Zélande. Il a été remplacé à son poste de directeur par M. D.B. Prior, chef de la Subdivision de la géologie du milieu marin au CGA. En 1992 également, M. R.H. Cook, directeur de la SBSA, a été muté au sein de la région de Scotia-Fundy au poste de chef du

nouveau Bureau de coordination de l'aquiculture. M<sup>me</sup> Wendy Watson-Wright, de la Direction des services d'inspection de la région, lui a succédé à son ancien poste de directeur. À la fin de 1993, M. R. Pickrill a été nommé à la direction de la Subdivision de la géologie du milieu marin du CGA.



### In Memoriam

M. William L. Ford, ancien directeur général des Sciences océaniques et aquatiques de l'Atlantique à l'IOB, qui avait pris sa retraite en 1978, est décédé le

15 janvier 1992 à Halifax. Il avait été nommé directeur de l'Institut en 1965 et était demeuré à l'IOB, où il avait assisté à plusieurs grandes réorganisations fédérales, jusqu'à sa retraite. À ses débuts, M. Ford travaillait comme océanographe au Woods Hole Oceanographic Institute, au Massachusetts. Il avait par la suite assumé plusieurs fonctions scientifiques pour le compte du ministère de la Défense nationale. Parmi les nombreux faits saillants de son éminente carrière, citons sa participation à l'opération Crossroads-Bikini, pour étudier les effets océanographiques du premier essai de bombe atomique en temps de paix, sa direction de l'étude scientifique et du nettoyage de la marée noire occasionnée par le Arrow dans la baie de Chedabucto et sa présidence du comité consultatif sur l'environnement mis sur pied par la Commission royale sur le désastre de l'Ocean Ranger. Bill Ford a, peut-être plus que quiconque, contribué à donner à l'Institut sa place actuelle d'établissement de recherche de niveau international.

### Prix, nominations et présentations

Les membres suivants du personnel des laboratoires ont reçu des prix, des nominations ou des marques de reconnaissance:

- M. Lubomir Jansa, de la Subdivision de l'analyse des bassins du CGA, a reçu la médaille du professeur Purkyne des

Czechoslovakia Geological Survey and Geological Societies pour 1992, lors d'une cérémonie qui s'est déroulée à Prague le 11 septembre 1992. Cette médaille venait récompenser les travaux de M. Jansa dans la géologie du Mésozoïque, notamment ses recherches fondamentales sur l'évolution des bassins sédimentaires et sur l'évolution des bassins océaniques ainsi que sur leur application à la prospection des ressources d'hydrocarbures.

• Mme Charlotte Keen, de la Subdivision de la reconnaissance régionale, a été nommée membre honoraire de la Canadian Society of Exploration Geophysicists.

• M. Stu Smith, de la Division de la circulation océanique du MPO, a reçu le prix de rédacteur de la American Meteorological Society en 1991, en hommage à son important travail de révision des manuscrits soumis au Journal of Atmospheric and Oceanic Technology et de ses recherches sur les mesures météorologiques à partir des bouées de surface, des navires et des îles.

• M. Arni Sutherlin, ancien membre du personnel de la SBFA, a reçu le prix de l'aquiculteur de la décennie décerné par l'Association aquicole du Canada à son assemblée de 1993. M. Sutherlin a travaillé à la Station de biologie de St. Andrews dans les années 1970 et a joué un rôle déterminant dans le développement de l'industrie des salmonidés dans la baie de Fundy.



Dr. T. Platt

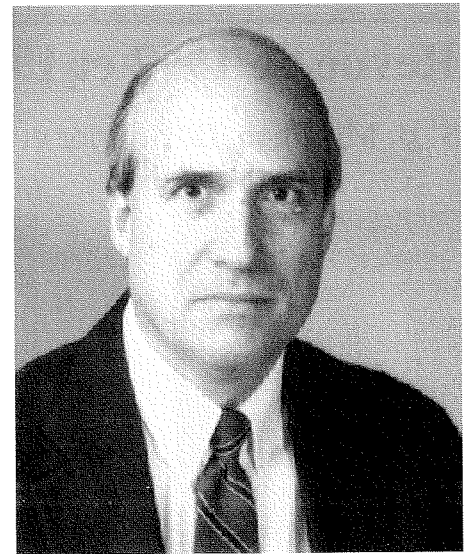
• M. Gus Vilks, de la Subdivision de la géologie du milieu marin de CGA, a été nommé membre honoraire de la North American Micropalaeontology Section of the Society of Exploration of Palaeontology and Mineralogy. Ce prix, qui lui a été décerné à la veille de sa retraite en 1993, venait récompenser sa contribution exceptionnelle à la géologie marine du Quaternaire, à la paléocéologie et à la paléocénographie.

### Prix Huntsman

Le prix A.G. Huntsman, qui rend hommage à l'excellence en sciences marines, est administré par une fondation privée dont le siège se trouve à l'IOB. Il a été décerné pour la première fois en 1980 et 16 personnes en avaient été les récipiendaires à la fin de 1993. Au cours de la période considérée ici, il a été décerné aux lauréats suivants:

• Le 24 février 1993, M. Trevor Platt, qui oeuvre pour le MPO à l'IOB, a reçu le prix Huntsman 1992, en hommage à sa contribution exhaustive et novatrice à la connaissance des écosystèmes pélagiques, en particulier en haute mer. M. Platt est le premier scientifique du MPO à recevoir ce prix.

• Le 5 novembre 1993, M. Robert Berner, de l'université Yale de New Haven, au Connecticut, a reçu le prix Huntsman 1993, en hommage à ses travaux sur la modélisation mathématique de la cinétique dans le domaine de la géochimie sédimentaire.



Dr. R. Berner

### Faits saillants en matière de recherches et de relevés

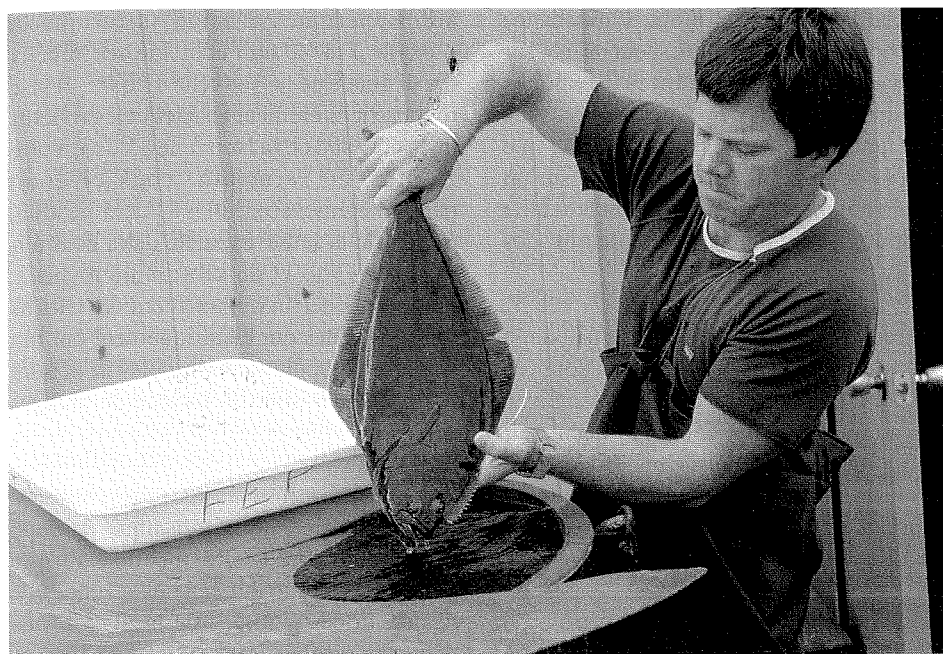
On trouvera ci-après une liste de certains des principaux événements qui se sont déroulés en 1992 et en 1993, par grande région géographique.

#### Golfe du Maine, banc Georges et baie de Fundy

Depuis 1987, les scientifiques de la SBSA étudient la réapparition du stock de hareng du banc Georges (5Z) au moyen de relevés de recherche annuels sur les larves et les harengs adultes. Les données qu'ils recueillent servent à documenter la réapparition d'un des plus grands stocks de hareng du monde, qui avait été décimé par



Station de biologie de St. Andrews



Aquiculture du flétan

la pêche commerciale. Des relevés de recherche ont été effectués en 1992 et 1993. En 1992, par exemple, deux navires y ont participé, soit le *EE Prince*, qui a procédé à un relevé de recherche sur les harengs adultes et le *NSC Parizeau*, qui a procédé à des études des larves. L'information recueillie sur la distribution et l'abondance sert à évaluer l'état du stock dans l'éventualité probable d'une reprise de la pêche commerciale du hareng.

Pendant la période considérée, le MPO a poursuivi ses travaux portant sur l'exploitation possible du gaz et du pétrole extracôtier de la partie canadienne du banc Georges. Ces travaux sont coordonnés par le Georges Bank Steering Committee, qui est présidé par le MPO et compte des membres de divers organismes, dont le gouvernement fédéral (Pêches et Océans, Environnement, Ressources naturelles et Commission nationale de l'énergie), les gouvernements provinciaux (Nouveau-Brunswick et Nouvelle-Écosse), le milieu universitaire (université Dalhousie) l'industrie (LASMO Nova Scotia et Texaco Canada) ainsi que d'autres organismes comme l'Office des hydrocarbures extracôtiers Canada-Nouvelle-Écosse et l'Association des producteurs de fruits de mer de la Nouvelle-Écosse. Le comité examine l'avancement des recherches entreprises par le MPO à l'IOB, lesquelles sont financées essentiellement par le Groupe interministériel

de recherche et d'exploitation énergétiques (GRDE). Les résultats de ces travaux joueront un rôle important dans l'évaluation environnementale fédérale-provinciale du forage exploratoire sur le banc Georges. Cette évaluation est attendue pour 1996.

L'aquiculture dans les eaux froides du Canada atlantique connaît des contraintes uniques, comme la «destruction par l'hiver», c'est-à-dire la situation dans laquelle les animaux meurent gelés lorsque les températures de l'eau descendent en-dessous de moins 0,70 C. L'aquiculture du saumon dans la région de Quoddy, baie de Fundy, s'est poursuivie sous la menace de cette distribution hivernale depuis ses débuts, en 1978. Les chercheurs de la SBSA ont récemment accru leur surveillance des conditions océanographiques dans cette région. Leurs travaux indiquent que l'eau est plus froide dans certains secteurs côtiers localisés et dans la partie nord de la baie de Passamaquoddy, et qu'elle se réchauffe progressivement vers le large. La température minimale de l'eau observée durant une période de basse température atmosphérique en février 1983 ayant entraîné des températures de l'eau inférieures au zéro était de -0,930 C, à proximité du fond de l'estuaire de la rivière St. Croix; la température la plus chaude (1,100 C) avait été relevée au large. Les températures étaient relativement uniformes dans la colonne d'eau, indiquant que toute tentative en vue

d'éviter la mortalité hivernale en ramenant vers la surface des eaux profondes plus chaudes serait futile dans la plupart des zones considérées.

Une expérience est en cours sur l'île Campobello, dans la baie de Fundy, afin d'évaluer la faisabilité de l'élevage du flétan en cage à saumon. La SBSA et Harbour DeLoutre Products Ltd. collaborent à ce projet. Les tentatives des Norvégiens et des Écossais pour élever du flétan dans des cages à saumon n'ont connu qu'un succès partiel. Parmi les problèmes rencontrés, citons une importante usure des nageoires par frottement et des dommages oculaires par suite de frottement sur les cordes des cages ainsi qu'une détérioration des conditions de l'eau dues aux matières fécales et à la nourriture non consommée s'accumulant dans les hauts-fonds des cages doublées de bache. La cage utilisée dans l'étude réalisée à Campobello est conçue pour éviter ces problèmes. Des flétans juvéniles sauvages ont été placés en 1990 et nourris d'une combinaison de hareng congelé et de granulés semi-humides dont on nourrit le saumon. Les résultats obtenus jusqu'ici révèlent que les stocks de flétan de l'Atlantique pourraient fournir un stock génétique plus propice à l'aquiculture que ceux de l'Islande ou des îles Féroé.

Les recherches organisées par le CGA dans cette région géographique portent notamment sur l'analyse des réserves d'hydrocarbures du bassin de Fundy, qui fait partie d'un ensemble de bassins tectoniques situés le long de la bordure est de l'Amérique du Nord et qui ont été formés au cours de la rupture du super continent Pangée, au Mésozoïque. Cette étude met à profit les données sismiques provenant de l'industrie ainsi que les données sur les puits d'exploration et les points d'affleurement. Les données sismiques révèlent la présence de strates triasiques et jurassiques dans la partie centrale ouest du bassin. Des projections sur le faciès évoquent la probabilité de l'étalement le long de l'axe du bassin d'épais gisements lacustres, qui pourraient provenir des roches riches en ressources pétrolières.

### Plate-forme néo-écossaise

En 1992, dans le cadre de son mandat de production de cartes marines, le Service hydrographique du Canada (SHC) a





Plate-forme de forage extracôtier de Cohasset-Panuke

procédé à des levés hydrographiques du port et des approches de Halifax qui ont intéressé l'ensemble de la communauté scientifique. Ces relevés ont été réalisés à l'aide d'échosondeurs multifaisceaux équipés de systèmes de balayage acoustique ultra-modernes qui produisent des images complètes du plancher océanique grâce un logiciel de traitement conçu par le CGA et l'université du Nouveau-Brunswick. Pour la première fois, les hydrographes et les géologues ont pu obtenir une image globale du plancher océanique dans la zone considérée. Les hydrographes ont détecté des caractéristiques et des dangers possibles pour la navigation qui ne figuraient pas sur les cartes précédentes, notamment des épaves. Quant aux géologues, ils ont été capables de déterminer l'étendue de diverses caractéristiques du fond marin, ce qui les aidera à élaborer des théories sur le relèvement post-glaciaire, sur les changements climatiques et sur la variation du niveau de l'eau.

Jusqu'à récemment, il n'était pas possible de surveiller continuellement les changements dans la population de zooplancton autrement qu'à partir de navires. Les scientifiques du MPO ont cherché une solution à ce problème en concevant un prototype d'instruments mouillés fondé sur le compteur optique à plancton de l'IOB. L'instrument en question a été mouillé avec succès pendant de longues périodes en 1992 et en 1993 afin d'étudier les populations de zooplancton

du bassin Émeraude. Comme l'abondance du zooplancton (nourriture) peut influencer sur la survie d'importantes espèces commerciales de poisson, les renseignements sur les changements que subit la population de zooplancton sur un certain nombre d'années peuvent être utile au biologiste chargé de l'évaluation des stocks.

Les scientifiques du CGA participant à l'analyse et à l'interprétation des données géochimiques provenant de puits situés à proximité de l'île de Sable ont découvert d'importantes variations dans les types de kérogène présent dans les formations du Jurassique et du Crétacé. Les différences dans l'énergie d'activation des kérogènes s'est traduite par la formation et l'expulsion de quantités considérables de pétrole de certains schistes argileux du Crétacé à un niveau de maturation relativement bas. En se fondant sur la corrélation roche-mer-pétrole, on a identifié certaines des roches-mères des 22 découvertes de pétrole et de gaz réalisées sur la plate-forme néo-écossaise. Ce qui est important, toutefois, c'est le fait que le pétrole provenant de nombreuses roches-mères matures n'a pas encore été identifié dans les découvertes réalisées à ce jour, ce qui permet d'envisager la présence d'autres ressources importantes.

Les scientifiques du MPO spécialisés dans l'eau douce ont entrepris un programme de biosurveillance à long terme afin d'établir les effets des charges

atmosphériques d'acide sulfurique et d'oxyde d'azote sur l'écologie des milieux d'eau douce de la Nouvelle-Écosse. Il vise tout particulièrement les lacs et les rivières de la côte sud de la Nouvelle-Écosse, entre Halifax et Yarmouth, ceux-ci étant particulièrement sensibles à l'acidification, du fait de la faible capacité de la neutralisation des sols et du substratum rocheux. Des points de surveillance ont été choisis dans les zones qui historiquement ont fait vivre des populations de poisson et sont éloignées des sources locales de charges acides.

Le CGA a utilisé ses nouvelles capacités de construction de la mosaïque du fond marin par balayage latéral et de carottage par piston à grand diamètre dans une étude des cicatrices gaufrées de la plate-forme néo-écossaise réalisée depuis le NSC *Hudson*. Ces dépressions font croire à un suintement ou à une ventilation des fluides du fond de mer. Les travaux effectués ont permis de conclure que les cicatrices gaufrées sont le résultat de l'affaissement de surface du fond marin occasionné par la réorganisation des particules de sédiments situés sur la surface et la réduction de la porosité plutôt que de l'expulsion et du retrait des sédiments de la couche supérieure du fond marin.

Les scientifiques du MPO qui travaillent à l'IOB procèdent à une étude de surveillance des déchets particuliers du forage sur le site de production extracôtier de Cohasset-Panuke, sur le bord de l'île de



NSC Hudson

Sable. Ce projet est réalisé en collaboration avec l'entreprise pétrolière LASMO Nova Scotia et le CGA. Elle a pour but d'étudier la dispersion, le dépôt et le devenir des déchets particuliers du forage (boues et déblais) que l'exploitant est autorisé à évacuer dans ce milieu de la plate-forme continentale à haute énergie et faible hauteur d'eau. Un important programme a été réalisé sur place en 1993 par le NSC *Parizeau*. On a obtenu des données le long de transects situés à l'ouest et au nord du site de Cohasset et échantillonné les particules en suspension, tant les matières naturelles que les résidus de forage, en portant particulièrement attention à la couche de la limite benthique (le demi-mètre situé juste au-dessus du fond de mer) où l'on pense que les déblais de forage s'accumulent temporairement durant le processus de dispersion. Les résultats de ces travaux seront utiles à l'exploration future du pétrole sur le banc Georges. Parmi les autres travaux concernant le site Cohasset Panuke, citons une étude commune du CGA et de LASMO sur le transport extrême des sédiments et les effets d'affouillement durant les tempêtes hivernales.

### Grands Bancs de Terre-Neuve, mer du Labrador

Le Programme canadien d'étude des tempêtes dans l'Atlantique (PCETA II) s'est poursuivi en 1992 par une mission scientifique du NSC *Hudson*. Ce programme, qui est financé par le Groupe interministériel de recherche et d'exploitation énergétiques, a pour but ultime de prévoir avec exactitude le mouvement des glaces et les vagues pour aider à l'exploitation du pétrole et du gaz extracôtiers. La mission susmentionnée a permis de récupérer une batterie de courantmètres mouillée dans le nord des Grands Bancs de Terre-Neuve, à proximité d'Hibernia, et d'étudier les courants et les propriétés hydrographiques dans la région au moyen d'un profileur de courant Doppler acoustique installé sur le navire, de dériveurs de surface, de Batfish et d'un profileur de conductivité, température et profondeur. En plus de procéder aux mesures océanographiques traditionnelles depuis le navire, on a installé une station sur un floe de glace à l'intérieur de la banquise, au moyen d'un hélicoptère.

Un projet réalisé en collaboration par l'IOB et le Centre des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest, de St. John's (Terre-Neuve) a permis de mener à bien la première phase d'une expérience concernant l'impact du chalutage sur les Grands Bancs de Terre-Neuve. L'expérience en question, réalisée dans le but d'obtenir des renseignements quantitatifs sur les effets possibles de la pêche aux engins mobiles sur l'habitat benthique des bancs de pêche, est la première de la sorte en eaux canadiennes. Le site de l'étude, situé à 40 milles marins au nord-est du champ Hibernia, a été choisi en raison de son abondante faune benthique et de ses sédiments de sable relativement uniformes. En outre, des relevés au Sonar à balayage latéral n'ont révélé aucune trace d'activité de chalutage récente et le site est maintenant officiellement interdit au chalutage. L'expérience a nécessité des contributions particulières des deux navires utilisés; ainsi, le *Wilfred Templeman* a dû à maintes reprises tirer un chalut le long des mêmes lignes dans les corridors expérimentaux très étroits, tandis que le NSC *Parizeau* a dû se maintenir en station à quelques mètres de là, de manière à pouvoir recueillir des échantillons biologiques d'endroits précis au sein des zones perturbées.

En juillet 1992, le CGA a participé à une étude en collaboration avec des scientifiques de l'Institut océanographique français IFREMER afin d'acquérir des données sismiques dans le bassin de Terre-Neuve. À l'aide du NSC *Hudson* et d'un système sismique français, on a recueilli des données dans le cadre d'une étude visant à comprendre les mécanismes de la formation de marges passives conjuguées. Des études du même genre sont en cours sur la marge conjuguée ibérienne.

En juin 1993, des scientifiques de l'IOB, de l'université de Göteborg, du Lamont Doherty Earth Observatory et de l'université de Washington ont pris part à une étude annuelle des conditions de la mer du Labrador à bord du NSC *Hudson*. Leur travail faisait partie du volet canadien de l'Expérience sur la circulation océanique mondiale (WOCE) et était axé sur les propriétés changeantes de la mer du Labrador, qui se renouvelle par convection durant l'hiver. Une des observations les plus intéressantes réalisées en 1993 est que la température de la mer du Labrador con-

tinue de diminuer : elle était tombée à 2,70 °C alors qu'au milieu des années 1960 elle avait atteint 3,50 °C.

### Arctique

À l'automne 1992, le NSC *Hudson* était en mission dans la baie d'Hudson et dans la baie James, pour recueillir des données sur la géologie, la géodynamique des sédiments, la géochimie et la biologie. Cette mission dirigée par le CGA avait été entreprise afin d'obtenir certaines des données requises pour évaluer le projet de production hydroélectrique de Grande Baleine proposé par Hydro-Québec et de formuler des recommandations sur les programmes de surveillance subséquents. Au cours de cette mission, ainsi que d'une autre mission de suivi effectuée en 1993, on a également étudié l'évolution du retrait glaciaire dans le détroit d'Hudson. La zone est cruciale pour l'étude des changements à l'échelle du globe, étant donné que l'écoulement provenant de la nappe glaciaire des Laurentides dans la région provoque des apports d'eau fraîche dans l'océan, ce qui aboutit à des changements climatiques importants dans le bassin de l'Atlantique Nord.

Les chimistes de la Division de la chimie marine du MPO à l'IOB ont participé à des études de la radioactivité dans le milieu marin arctique au cours de la période considérée. En 1993, un scientifique a pris part à une mission de recherche à bord d'un navire scientifique russe, le *Geolog Ferman*, pour étudier pendant quatre semaines les sites de déversement des déchets radioactifs dans la mer de Barents et dans la mer de Kara. En 1993 également, un autre scientifique a participé à une étude à bord du NCGC *Larsen* dans l'océan Arctique afin de prélever des échantillons permettant d'identifier divers radionucléides dans l'eau de mer et les sédiments marins. Cette mission était réalisée en collaboration avec le personnel du MPO à l'Institut des sciences de la mer de Sidney (Colombie-Britannique).

En août 1993, le CGA a participé à «Arctic '93», projet qu'il réalisait en commun avec la U.S. Geological Survey. À partir du briseur de glace américain *Polar Star*, on a recueilli des données sur la réfraction dans le bassin du Canada, qui serviront éventuellement à mieux connaître l'écorce terrestre du bassin.

Un programme décennal de cartographie répétitive du fond de mer a été mené à bien dans la mer de Beaufort. Il a permis de documenter plus de 5 000 nouveaux

phénomènes d'affouillement par les glaces marines, et de fournir des renseignements sur leur distribution, leurs caractéristiques et les processus en jeu. Les résultats de ce programme ont abouti à une meilleure compréhension du remaniement des sédiments et seront extrêmement utiles à la conception technique des futures installations de production d'hydrocarbures. Dans la mer de Beaufort également, on a réalisé une étude pluriannuelle du retrait du littoral, de la dynamique des sédiments, de la géologie côtière et de la géotechnique. Ces résultats seront appliqués à la conception d'oléoducs et de gazoducs, à la protection de l'environnement, à la planification communautaire et aux changements climatiques.

En septembre 1993, des scientifiques du CGA, en collaboration avec des confrères des États-Unis et d'Europe, ont recueilli des données de géologie et de géophysique entre l'Islande et l'est du Groenland. Leur mission s'effectuait à bord du NSC *Hudson*. Parmi les sujets étudiés signalons le rôle des courants de turbidité et de l'afflux de débris dans les transports des sédiments des fjords se trouvant dans un milieu dépourvu de deltas, le rôle de la rencontre des icebergs et des plates-formes de glace marine avec les plus gros glaciers de marée et leurs effets sur les processus sédimentaires dans les fjords; le rôle du vélage et de l'empilement des icebergs sur l'accumulation de sédiments loin des marges glaciaires et le rôle du transport de sédiments subglaciaires à travers un fjord et sur la pente continentale durant les périodes d'expansion de la nappe glaciaire.

### Recherches extra-côtières et internationales

Les scientifiques de la Division de l'océanographie biologique à l'IOB ont entrepris une mission transatlantique à l'automne 1992 à bord du NSC *Hudson*, dans le cadre de la Joint Global Oceans Flux Study (JGOFS) qui étudie les phénomènes primaires et secondaires dans les couches supérieures de l'océan ainsi que leur rôle dans le cycle du carbone des océans du globe. Il s'agissait là d'une entreprise commune du MPO et de scientifiques italiens, allemands et espagnols. Le programme de recherche comportait deux volets. Le premier consistait à réaliser un transect aller-retour détaillé d'échantillonnage hydrographique et biologique quotidien

entre Halifax et la côte du Maroc. Le second consistait en une étude plus localisée de la remontée d'eau. L'année suivante, dans le cadre du même programme international, des scientifiques de l'IOB ont procédé à une étude des propriétés bio-optiques de la couche supérieure de l'océan.

En octobre 1992, un scientifique du CGA a participé à une expédition en vue d'étudier les hydrates gazeux dans la mer d'Okhotsk et dans la mer du Japon, au large de la côte est de la Russie. Il faisait partie d'une équipe internationale travaillant à bord d'un navire scientifique soviétique. On a découvert une dizaine de sources de dégagement de gaz sur le fond de mer, outre une source dont la présence avait déjà été documentée. On a estimé que l'évacuation de méthane provenant des sources actives était égale ou supérieure à celle de nombreuses autres sources mondiales de méthane, mais la plupart de ce méthane se dissout dans l'eau et est oxydé avant d'atteindre l'atmosphère. Des échantillons d'hydrate gazeux ont été obtenus à partir des sept carottes prélevées dans deux zones. Les hydrates semblent se former lorsque le gaz de méthane s'écoule des dépôts pétrolifères sous la surface. Le CGA cherche à déterminer si les hydrates peuvent libérer d'importantes quantités de méthane dans l'atmosphère, contribuant de la sorte à l'effet de serre.

Le programme sur le terrain réalisé dans le cadre de la North Atlantic Tracer Release Experiment (NATRE) a récemment été mené à bien. La NATRE est une étude internationale du taux de mélange et de dispersion des eaux de l'océan dans l'est de l'Atlantique Nord, qui est réalisée par un groupe de scientifiques des États-Unis, du Royaume-Uni et du Canada, et fait partie de l'expérience sur la circulation océanique mondiale (WOCE). Les derniers travaux de l'étude NATRE ont été réalisés en avril et mai 1993 dans le bassin des Canaries, situé dans l'est de l'océan Atlantique, à bord du NSC *Hudson* et du navire scientifique du Royaume-Uni *Darwin*.

On a procédé à une étude de la distribution des contaminants dans la partie nord de l'océan Atlantique en août 1993, au cours d'une mission à bord du NSC *Hudson*. Il s'agissait de la deuxième étude à grande échelle des contaminants dans

l'Atlantique organisée par la Commission océanographique intergouvernementale (COI). La première mission dans l'est de l'Atlantique Sud avait été effectuée en 1990 par le navire scientifique allemand *Météor*. L'objectif premier de cette étude de référence sur les contaminants au cœur de l'océan Atlantique est de déterminer quelle est à l'heure actuelle la distribution des contaminants dans les masses d'eau océanique profondes. On obtiendra ainsi des concentrations de base qui permettront d'évaluer les changements futurs et d'établir des niveaux de référence pour la surveillance en zone côtière. Les résultats fourniront le premier relevé exhaustif des concentrations de contaminants dans l'océan Atlantique.

### Recherche générale

En mai 1992, le personnel du SHC a coordonné les essais du semi-submersible DOLPHIN depuis le NGC *Sir Wilfred Grenfell*, dans le cadre du Canadian Ocean Mapping System (COMS). Ces essais étaient réalisés par Brooke Ocean Technology, GeoResources Ltd. et le SHC dans le but de vérifier des modifications au système de manipulation et de mettre à l'essai la procédure de récupération de DOLPHINS «morts». Le véhicule s'est parfaitement comporté durant les essais et on a pu étudier une superficie de cinq kilomètres carrés au moyen du sondeur multifaisceaux SIMRAD EM 100 et du Système de positionnement global différentiel (SPG).

Pendant plusieurs années, la Division de l'écologie de l'habitat de la Direction des sciences biologiques de l'IOB a conçu des modèles pour évaluer les impacts environnementaux de l'aquiculture. Un de ses principaux objectifs est d'établir des critères pour l'évaluation des demandes de permis en fonction des dommages possibles à l'habitat. Toutefois, un des principaux problèmes résidait dans le fait que la complexité des modèles et la quantité de données nécessaires pour les exploiter les rendaient peu utiles dans la délivrance des permis. Par conséquent, on a conçu un système de soutien décisionnel (SSD) à l'intention des gestionnaires, qui extrait les données nécessaires et exploite automatiquement les modèles appropriés. Le système en question est fondé sur trois modèles d'impacts environnementaux distincts portant sur la demande d'oxygène,

la charge benthique et l'eutrophication. Il a suscité énormément d'attention dans les démonstrations réalisées devant les usagers éventuels à un atelier international. Les travaux actuellement en cours portent sur l'élaboration d'une base de données réelles comportant des variables comme la bathymétrie, la vitesse des courants et les types de sédiments. Un système d'informations géographiques (SIG) qui permettrait d'enregistrer les données sous une forme accessible par le SSD est à l'étude.

En 1986, la Commission royale sur les phoques et l'industrie de la chasse aux phoques au Canada (Commission Malouf) déclarait que les phoques ont une influence importante sur la ressource halieutique et que la maîtrise des troupeaux de phoques pourrait s'avérer bénéfique. Comme autre solution à la chasse, elle suggérait que l'on étudie des méthodes de régulation de la population de phoques et de son parasite, le ver du phoque. Suite à cette recommandation, le MPO a créé le Sealworm Intervention Program (SWIP) en collaboration avec l'université Dalhousie, de Halifax. Ce programme de recherche à long terme étudie les méthodes chimiques et immunologiques permettant de maîtriser la production de phoques et l'infestation par le ver de phoque. L'une de ses principales facettes est l'étude de la faisabilité de la régulation du nombre de vers de phoque parasites au moyen de médicaments vermifuges qui provoquent l'élimination des vers par le phoque. Un autre volet de la recherche consiste à étudier les méthodes d'immunocontraception comme moyen de régulation de la fertilité des phoques gris femelles.

En 1992, Husky Oil et Petro-Canada ont fait don d'une importante base de données numériques géophysiques et géologiques au CGA. Cette base, qui traite des bassins sédimentaires extracôtiers depuis le banc Georges jusqu'à l'océan arctique comprend plus de 100 000 km linéaires de données sismiques. Le transfert de ces données de Calgary à Dartmouth en mars 1993 a nécessité huit semi-remorques! Le CGA a créé un poste de travail informatisé spécial pour donner à ses clients l'accès à ces données.

L'Unité de recherche pathologique du LRHH a pour sa part travaillé à l'élaboration d'un vaccin contre la bactérie Gram négative *Aeromonas salmonicida*, responsable de la furunculose chez les

salmonidés. Quoique cette bactérie soit l'agent pathogène des salmonidés qui ait été le plus étudié, on ne dispose pas de vaccin efficace contre elle. De plus, on ne sait pas encore exactement quelle partie du système immunitaire (humérale ou cellulaire) est responsable de la protection du poisson contre la furunculose. Pour répondre à cette question, le laboratoire a conçu une bioanalyse capable d'isoler et de stimuler les lymphocytes des salmonidés pour les inciter à produire une réaction immunitaire à la bactérie. Pour la première fois, cette méthode facile d'utilisation permet d'étudier le rôle de l'immunité humérale et de l'immunité cellulaire du poisson dans la furunculose. Les travaux réalisés serviront ultimement à déterminer dans quelle direction s'orientera l'élaboration du futur vaccin.

Dans la foulée des travaux réalisés par le SHC à l'IOB au sujet de l'élaboration d'une carte électronique, deux événements importants se sont produits en 1993. D'abord, une installation de carte électronique a été intégrée au Marine Institute à St. John's (Terre-Neuve) pour coïncider avec la conférence sur la simulation marine et la manoeuvrabilité des navires de 1993 (MARSIM) tandis qu'un système de carte électronique a également été installé à bord du traversier de Marine Atlantique (*Princess of Acadie*) qui fait la liaison entre St. John (Nouveau-Brunswick) et Digby (Nouvelle-Écosse). On s'attend à d'autres installations de cette nouvelle technique de navigation.

Par ailleurs, les scientifiques du MPO participent à différents travaux dans les Ocean Production Enhancement Network (OPEN) Centres of Excellence. En collaboration avec des confrères des universités et de l'industrie, des chercheurs de l'IOB oeuvrent à deux projets particuliers : l'héritabilité de la physiologie de la morue et les ressources trophiques du pétoncle adulte. Le premier projet a permis d'établir que les stocks de morue diffèrent notablement les uns des autres et en particulier que les divers habitats de la morue de l'Atlantique sont peuplés de stocks génétiques discrets, qui se manifestent par des caractéristiques de rendement très différentes. Dans le cadre de la seconde étude, on a acquis une meilleure connaissance de la façon dont les

bivalves réagissent aux fluctuations de leur alimentation à court terme, connaissance dont les lacunes avaient nuí aux tentatives de modélisation de l'acquisition de nourriture et à la prévision subséquente des taux de croissance et de capacité d'accueil des sites. En plus de fournir des renseignements sur l'alimentation et les taux de digestion des pétoncles (et des moules), ces travaux permettront d'évaluer comment le pétoncle s'accommode de fortes concentrations de substances particulières (élément important dans l'évaluation des effets de l'érosion terrestre, de la bioturbation et des activités anthropogènes).

### Nominations

Divers membres du personnel ont été nommés à des fonctions nationales et internationales au cours de la période considérée, notamment les suivants :

- Allyn Clarke, de la Division de la circulation océanique du MPO, a été invité à devenir membre co-opté du Comité de direction du Scientific Committee on Oceanic Research (SCOR). À ce titre, il fournira des conseils sur les questions de climat; M. Clarke a également été nommé membre du Comité scientifique mixte du Programme mondial de recherche sur le climat.

- Susan Waddy, de la SBSA, a été nommée présidente désignée de la World Aquaculture Society. Susan est la 24<sup>e</sup> présidente de la société et la première femme à occuper ce poste. Elle assumera la présidence en 1993-1994 après avoir servi comme présidente désignée pendant un an.

- Stephen MacPhee, directeur régional des Sciences, région de Scotia-Fundy du MPO, a été nommé au conseil d'administration du Centre for Cold Ocean Resources Engineering (C-CORE).

- Brian Nicholls, de la Division de la liaison et de l'évaluation du milieu marin du MPO à l'IOB, a été nommé trésorier honoraire du Engineering Committee on Oceanic Resources (ECOR). Brian est aussi secrétaire du Comité national canadien de l'ECOR.

- Don Gordon, de la Division de l'écologie de l'habitat du MPO, a été nommé membre

du Programme Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone (LOICZ). Le LOICZ est un volet central du International Geosphere-Biosphere Program (IGBP).

### Conférences et ateliers

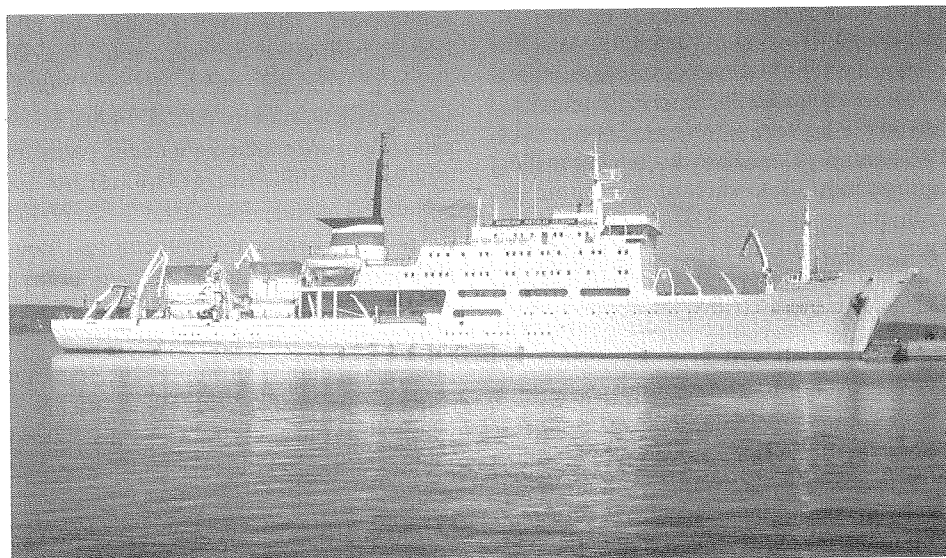
Pendant la période considérée, les trois établissements régionaux ont accueilli ou parrainé, en tout ou en partie, les conférences et ateliers suivants :

- Groupe de travail du CIEM sur l'aspect statistique de l'étude des tendances. Ce groupe s'est réuni au LRHH en avril 1992 afin de discuter du traitement statistique des données sur les concentrations de contaminants dans les substances marines, en particulier dans les tissus des poissons.
- US/Canada Joint Ice Working Group - Ce groupe a tenu sa septième assemblée annuelle à l'IOB en mai 1993. Il coordonne l'observation opérationnelle des glaces et les activités de prévision entre les organismes canadiens et américains.
- Commission internationale pour la conservation des thonidés de l'Atlantique (CICTA) - La SBSA a accueilli un atelier international de cinq jours organisé par cette organisation en juillet 1993. Les participants ont étudié le problème de l'emploi de techniques analytiques pour convertir les prises selon la taille en prises selon l'âge chez les gros poissons pélagiques.
- Ocean Observing System Development Panel (OOSDP) - Ce groupe international a tenu une réunion de cinq jours à l'IOB en novembre 1993. C'est à cet organisme qu'on doit la conception et le fondement scientifique du module sur le climat du Global Ocean Observing System (GOOS). M. G.T. Needler, de l'IOB, en est membre.

### Transfert de technologie

Voici les principales activités de transfert technologique durant la période considérée :

- Au cours de l'été 1993, la SBSA a célébré son 85<sup>e</sup> anniversaire. Parmi les manifestations tenues pour marquer cette occasion, plusieurs visaient à mettre en lumière le rôle que joue cet établissement dans le transfert de technologie. Il s'agissait notamment de séances d'information des médias, de participation à la sixième foire aquicole de l'Atlantique à St. Andrews et d'une opération porte ouverte à la Station.



*Navire russe Keldysh*

- En mars 1992, le MPO a signé une entente de collaboration Canada-Oracle sur le code hydrographique hyperspatial. À la suite de cette entente, qui découle des recherches en gestion des données numériques réalisées par le SHC à l'IOB, Oracle Canada investira plusieurs millions de dollars dans la conception d'un logiciel de gestion de bases de données.
- Une collaboration tripartite a été établie entre le MPO, Guildline Instruments Ltd. et Focal Technologies Inc. pour le développement futur et la promotion du véhicule remorqué BATFISH, conçu à l'IOB dans les années 1970. On projette notamment d'installer des capteurs sur le véhicule, tel un compteur optique à plancton Focal.
- En avril 1993, le ministère de la Défense nationale du Canada a créé un bureau de reconnaissance des tracés à l'IOB. Doté de quatre employés du MDN, ce bureau a pour but de constituer une expertise en levés océaniques et de partager ses ressources avec d'autres ministères gouvernementaux pour la cartographie de la zone littorale du Canada.
- Le 24 novembre 1992, les entreprises locales qui oeuvrent dans l'industrie océanologique ont participé à une rencontre d'un jour à l'IOB, qui portait sur le développement et le transfert de technologie océanique. Le fait saillant de la journée était une exposition à laquelle participaient plusieurs des entreprises, ainsi que des universités, des organismes non gouvernementaux dont les services de Ressources naturelles Canada à l'IOB et les

services du MPO à l'IOB et à la SBFA). En tout, on comptait 54 modules d'exposition. La journée a également été marquée par de courts exposés prononcés par des experts de l'industrie et des gouvernements, des présentations d'affiches et une grande table de distribution de documentation. Trois cents personnes de l'extérieur ont participé à cette journée, en plus des nombreux membres du personnel du MPO et de Ressources naturelles Canada à l'IOB. De l'avis unanime des participants de l'industrie, cette manifestation a été bénéfique et devrait être renouvelée.

- Au cours des deux années considérées, la Direction des sciences physiques et chimiques du MPO à l'IOB a continué de produire ses rapports mensuels sur l'état de l'océan pour la région qui va du golfe du Maine aux Grands Bancs de Terre-Neuve. Ce rapport, qui comprend des cartes illustrant les caractéristiques thermiques de la surface, est mis à la disposition de l'industrie, des gouvernements et d'autres organismes.

### Visiteurs

Comme les années précédentes, les trois établissements régionaux ont reçu de nombreux visiteurs de marque canadiens et étrangers. Citons, en particulier, les visites à l'IOB des personnalités suivantes :

- le ministre de l'Agriculture, des Pêches, du Commerce et de l'Industrie du Sultanat d'Oman;

- l'ambassadeur de France au Canada;
- Son Altesse royale la princesse Chulabhorn de Thaïlande;
- le professeur Lauro Barcelles, directeur du Musée d'océanographie de Rio Grande, au Brésil;
- l'ambassadeur des Pays-Bas au Canada, son Excellence le baron de Vos van Stenwijk;
- M. Gunnar Kullenberg, secrétaire de la Commission océanographique intergouvernementale (UNESCO);
- le docteur John Savage, premier ministre de la Nouvelle-Écosse;
- M. Lucien Laubier, directeur des Relations et de la Coopération internationales, IFREMER.

En mai 1993, le navire scientifique russe *Akademic Mstislav Keldysh* a visité l'IOB sous les auspices de la International Marine Biodiversity Development Corporation, dont le siège est à Dartmouth. Le navire a fait escale à l'Institut pendant plusieurs jours, durant lesquels les scientifiques russes et canadiens ont discuté de la recherche en eau profonde.

### Installations et services de soutien

- Le Système informatique scientifique de l'IOB a subi d'importantes transformations passant d'une architecture à ordinateur central à une architecture de système ouvert;
- Le NSC *Parizeau*, navire-jumeau du NSC *Dawson*, lequel avait été mis au rancart en 1991, est arrivé à l'IOB en février 1992 en provenance de la région du Pacifique du MPO. Le NSC *Parizeau* est maintenant rattaché en permanence à la côte est.
- Le CGA a créé un service interne de publications numériques à la demande, apte à produire des cartes et affiches grand format en couleur.

### Publications

Les établissements communiquent avec leurs clients respectifs par divers moyens : articles de journaux, rapports et cartes marines. En 1992 et 1993, ils ont produit à nouveau de nombreuses publications et en particulier plusieurs livres et atlas. De plus amples détails sont fournis à ce sujet dans la partie de la présente revue intitulée «Cartes et publications». Les publications suivantes méritent d'être citées :

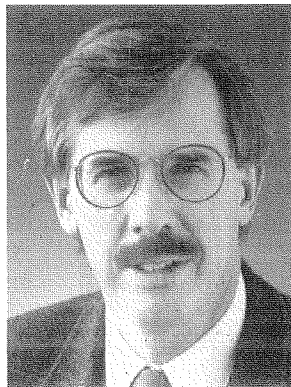
- La Carte circumpolaire des dépôts quaternaires de l'Arctique de la Commission géologique du Canada, qui a été établie en partie par les scientifiques du Centre géoscientifique de l'Atlantique. Cette carte a reçu le plus haut prix à une exposition de cartes internationale tenue lors de la 16<sup>e</sup> conférence cartographique internationale en Allemagne en 1983. Dans la catégorie des cartes thématiques, on a abondamment fait l'éloge du contenu exhaustif et de la qualité remarquable du dessin de cette carte.
- Quoique l'ouvrage ait été publié en 1991, les critiques de *Dynamics of Marine Ecosystems : Biological-Physical Interactions in the Oceans* by K.H. Mann et J.R.N. Lazier du MPO, ne sont pas parues avant l'année suivante. L'ouvrage a suscité des commentaires favorables dans diverses publications scientifiques, dont *Limnology and Oceanography* et dans *Nature*. Une seconde édition est en préparation.

# Une nouvelle compréhension du plancher océanique grâce à la cartographie multifaisceaux

R.C. Courtney et G.B.J. Fader



R.C. Courtney



G.B.J. Fader

## Résumé

*L'introduction de systèmes bathymétriques numériques à faisceaux multiples a révolutionné la cartographie des fonds marins en nous révélant avec une précision inattendue la complexité géomorphologique du plancher océanique. De récents travaux réalisés en coopération par la Commission géologique du Canada, le Service hydrographique du Canada et d'autres partenaires du Comité consultatif national de cartographie océanique ont considérablement élargi notre connaissance du plancher océanique et de sa dynamique associée dans la partie interne du port de Halifax et, non loin au large, sur la plate-forme Néo-Écossaise. Afin d'illustrer ces nouvelles connaissances, le présent article met en relief l'interprétation d'un ensemble de données bathymétriques récoltées par le CSS F.C.G. Smith en 1992, au moyen d'un système à balayage Navitronic. On y démontre que le fond marin est modelé à la fois par des forces naturelles et anthropiques. Les images du fond océanique dans le port de Halifax révèlent un plancher estuarien à caractéristiques fort variées, allant de surfaces accidentées et irrégulières dans la zone des Narrows à des surfaces plutôt vallonnées et moins accidentées dans la partie centrale du port. De vastes zones de dépôt sédimentaire se distinguent nettement, en particulier des amas de sédiments et des dépressions sans sédimentation provoquées par des obstacles au courant. Il importe à l'avenir d'utiliser de manière intégrée des systèmes à faisceaux multiples et de combiner ceux-ci avec des mosaïques à balayage latéral et à couverture complète et avec des réseaux à haute densité de profils sismiques. Cela permettra de mieux comprendre les processus de dépôt et d'érosion et les problèmes complexes relatifs à la qualité de l'environnement que doit affronter une société industrielle moderne.*

## Introduction

Les méthodes traditionnelles de cartographie de la morphologie des fonds marins (bathymétrie) et de la répartition des sédiments sont fondées sur la collecte, l'interprétation et la corrélation de profils d'écho-sondeurs et d'échantillons de fonds marins. King (1970) a introduit l'emploi de cette méthode en cartographiant la répartition des sédiments du fond marin dans la partie centrale de la plate-forme Néo-Écossaise. Cette méthode a permis de comprendre le fond marin à l'échelle régionale, mais sa résolution spatiale est généralement faible et elle n'a pas permis de bien caractériser les sédiments à gros grain.

Sur la plate-forme continentale orientale du Canada, où la géologie de surface est surtout caractérisée par la présence de sédiments d'origine glaciaire, les écho-sondeurs sont en général incapables de pénétrer les fonds marins durs composés de matériaux glaciaires et de plages fossiles. Des progrès accomplis dans la cartographie des fonds marins à la fin des années 70 et au cours des années 80, grâce à l'utilisation combinée de systèmes sonar à balayage latéral et de profileurs de sismique-réflexion à haute résolution, ont permis dans une large mesure de remplacer l'écho-sondeur pour la caractérisation acoustique des sédiments. Entre autres avantages, ces systèmes permettent de distinguer la plupart

des unités sédimentaires et de cartographier les images obtenues par rétrodiffusion du relief et de la texture des fonds marins. Ils sont de plus soigneusement étalonnés et permettent d'évaluer quantitativement les propriétés acoustiques des sédiments. Ces mesures sont corrélées systématiquement avec des informations sur la texture des échantillons pour aider le géologue marin à localiser les formations sédimentaires à des fins cartographiques. En outre, des progrès dans le positionnement des navires et l'amélioration des modules de capteurs remorqués et des instruments d'échantillonnage ont accru d'autant nos moyens en cartographie.

Un des principaux facteurs qui empêchaient par le passé de comprendre de manière détaillée et cohérente les fonds marins et la géologie de subsurface était le manque de continuité entre les lignes de relevé. Ces lignes sont généralement espacées de plusieurs centaines de mètres ou de quelques kilomètres, aussi était-il difficile, sinon impossible de corréler les lignes dans des régions à géologie complexe.

Le présent article décrit une nouvelle technique prometteuse en cartographie géologique des fonds marins, la cartographie dite bathymétrique à faisceaux multiples, capable de fournir une couverture de surface complète des fonds marins. Les ensembles traditionnels de données fournis par le sonar à balayage latéral et la sismique-réflexion à haute résolution peuvent être corrélés avec ces données bathymétriques, accroissant considérablement nos connaissances des processus des fonds marins et de la géologie de subsurface et ouvrant ainsi de nouvelles perspectives pour l'interprétation géologique. Au moyen d'une carte bathymétrique à faisceaux multiples récente du port interne de Halifax (Courtney, 1993), nous démontrerons de quelle manière celle-ci complète les ensembles de données plus traditionnels obtenus

par sismique et par balayage latéral, fournissant de la sorte de nouvelles connaissances sur la répartition des sédiments et sur les processus géologiques associés qui ont modelé le fond marin portuaire.

### Cartographie bathymétrique à faisceaux multiples

Les données bathymétriques à faisceaux multiples ont été recueillies dans le port de Halifax au cours de l'été 1992 par des membres du Service hydrographique du

Canada (sous la direction de M. Lamplugh) à bord du CSS F.C.G. Smith. Il s'agit d'un catamaran à deux coques muni d'un système de balayage Navitronic comprenant 33 sondeurs distincts espacés de 1,3 m. Les transducteurs de sondage sont fixés sur des espars en saillie montés en travers du navire, ce qui permet de couvrir le fond marin sur une bande de 32 mètres de largeur au moyen d'un seul tracé du navire. Contrairement aux systèmes à balayage latéral Simrad montés sur d'autres navires hydrographiques, ce système de

balayage sonde la colonne d'eau verticalement; la largeur de la bande observée ne varie donc pas avec la profondeur d'eau. À cause de la géométrie des systèmes de balayage, qui permettent d'éviter les effets dus à la réfraction, la mesure de la profondeur des eaux est moins sujette aux erreurs provoquées par les variations de vitesse dans la colonne d'eau, qui sont fréquentes dans les ports estuariens. Les erreurs de mesure de la profondeur, qui varient selon l'état de la mer et la rugosité du fond, sont généralement inférieures à 10-

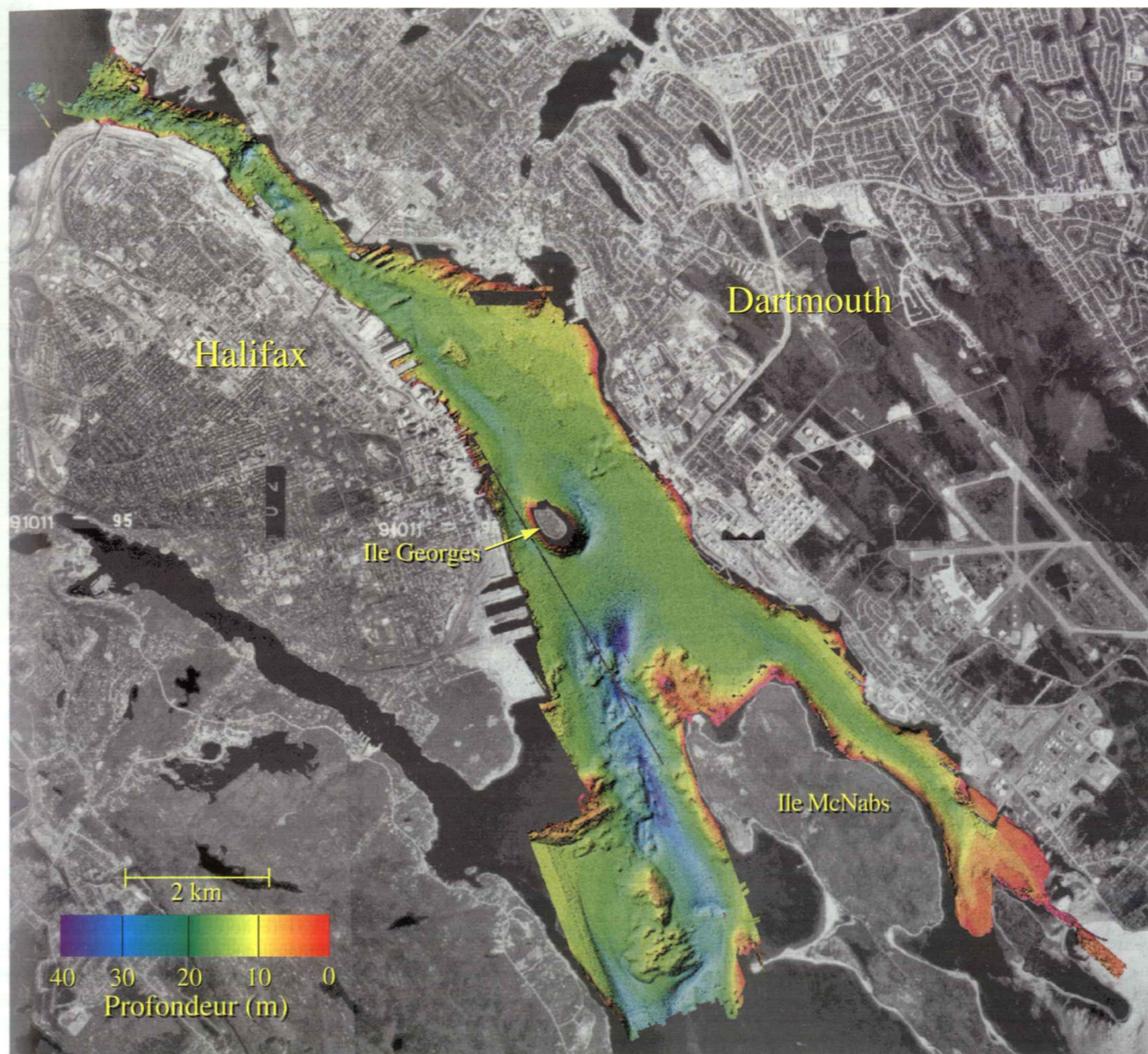


Figure 1 : Image à relief ombré et à couleur codée selon la profondeur du port de Halifax et intégrée sur terre ferme avec des photographies aériennes redressées. Les fonds estuariens sont illuminés artificiellement par une source lumineuse située au nord-ouest à 45 degrés d'altitude au-dessus de l'horizon.



20 cm. La position du navire a été déterminée au moyen d'un indicateur distance-azimut laser Polarfix, dont la précision varie de 1 à 2 mètres. Les mesures des sondages à balayage, de la position du navire, du roulis et du tangage ont été enregistrées numériquement sur bande magnétique et intégrées ultérieurement dans un poste de travail. Plus de 11 millions de sondages de profondeur ont été recueillis au cours de cette campagne.

Le nettoyage des données est un processus subjectif qui prend beaucoup de temps, dans lequel il faut distinguer les faux retours provoqués par des bulles d'eau dans la colonne d'eau ou par des poissons et les obstacles réels situés près du fond marin et présentant des dangers pour la navigation. La tâche est en outre compliquée par le nombre énorme de sondages à analyser. Heureusement, on peut avoir recours aujourd'hui à des techniques assistées par ordinateur perfectionnées pour faciliter ce travail. Les données hydrographiques utilisées dans le présent article n'ont été soumises qu'à un nettoyage du premier ordre; elles ne satisfont donc pas encore aux normes hydrographiques internationales. Les images du fond marin produites au moyen de ces données sont toutefois convenables à des fins géologiques. Les sondages ont été localisés géographiquement à partir des données de navigation du navire, qui ont été corrigées pour tenir compte du roulis, du tangage et des déplacements des transducteurs par rapport au centre de l'embarcation. On a également tenu compte pour les mesures de profondeur d'eau des variations dues aux marées. Les profondeurs d'eau ainsi obtenues ont ensuite été stockées dans le format de la base de données HIPS et mises à la disposition des chercheurs au Centre géoscientifique de l'Atlantique (CGA).

Les chercheurs du CGA ont mis au point un ensemble d'outils logiciels pour rendre accessible la base de données bathymétriques HIPS et pour incorporer les données sur la profondeur à un système d'information géographique (SIG) à trame pour l'élaboration d'images et de cartes des fonds marins.

La première étape de ce processus consiste à situer sur quadrillage les estima-

tions ponctuelles de profondeur emmagasinées dans la base de données HIPS au moyen de la technique dite du "baquage" (binning). Celle-ci consiste à quadriller une région rectangulaire recouvrant la région portuaire interne au moyen d'une trame de petits carrés, ou cellules, de 2 mètres de côté, cellules dont le nombre dépasse 30 millions dans la présente étude. Chacun des sondages de profondeur ponctuels est ensuite projeté sur ce quadrillage et les profondeurs correspondant à chaque cellule sont mémorisées dans l'ordinateur. La valeur de la profondeur qui sera assignée à chaque cellule est calculée à partir des valeurs ponctuelles correspondant à cette cellule; on peut choisir la valeur moyenne, minimale ou maximale ou encore l'écart type des valeurs au sein de cette cellule. Les images illustrées dans cet article ont été élaborées à partir de profondeurs maxima sélectionnées. Ce quadrillage de données sur la profondeur est mémorisé dans le format originel GIS GRASS.

Les données quadrillées renferment de nombreuses mesures de faible profondeur; il s'agit d'artefacts qui ont fort probablement été omis au cours de la première séance de nettoyage des données. Diverses méthodes statistiques peuvent être utilisées pour supprimer automatiquement ces valeurs; si un tel procédé est suffisant à des fins géologiques il peut comporter des dangers pour la navigation. Un filtre basé sur la médiane des plus proches voisins a été utilisé pour rejeter les pics isolés parmi les données quadrillées: la valeur d'une cellule quelconque est rejetée si elle diffère de plus d'un mètre de profondeur d'eau de la valeur médiane des cellules environnantes les plus proches, auquel cas elle est remplacée par la valeur médiane. Cette seconde étape a permis de supprimer la plupart des pics isolés de l'ensemble des données.

Les images bathymétriques des fonds marins ont été élaborées au moyen d'un modèle pseudotridimensionnel de la surface, avec illumination émanant du nord-ouest à une altitude de 45 degrés au-dessus de l'horizon. Sur ces images, les ombres sont projetées vers le côté inférieur droit des points élevés. La profondeur a été exagérée verticalement d'un facteur dix

pour mettre en relief les caractéristiques de surface. Un ensemble de photographies aériennes couvrant la région portuaire a été balayé et projeté sur le système de coordonnées en s'appuyant sur des points de référence communs identifiables figurant dans l'ensemble de données bathymétriques. Là où les données bathymétriques sont absentes, une image composée a été produite à l'aide des photographies aériennes prises antérieurement. Des images couleur codées selon la profondeur (figure 1) de même que des images à échelle de gris (figures 2, 3 et 5) ont été réalisées de cette manière. Ces images ont d'abord été examinées sur l'écran de l'ordinateur et ensuite imprimées sur un traceur électrostatique de grande largeur (des copies imprimées de la taille d'une affiche sont disponibles comme Dossier public de la Commission géologique du Canada - Courtney, 1993). Il convient de noter que jusqu'à ce point le procédé de production d'image ou de carte ne fait appel qu'à des techniques numériques avec traitement quantitatif et non subjectif des données mesurées.

De véritables images tridimensionnelles de la topographie du fond marin, réalisées dans un poste de travail spécialisé, ont été utilisées pour explorer ces données de manière interactive. Ces techniques permettent de visualiser l'information avec des moyens nouveaux. Le point de vue et l'illumination peuvent facilement être modifiés, ce qui permet souvent de mettre en évidence des aspects des ensembles de données n'apparaissant pas sur les copies imprimées pseudotridimensionnelles. En outre, d'autres types de données, telles que celles fournies par l'imagerie à balayage latéral, peuvent être projetées sur le profil bathymétrique pour améliorer l'interprétation.

### **Image du port interne de Halifax**

Il existe actuellement des données bathymétriques multifaisceaux pour un secteur du port de Halifax s'étendant des Narrows aux environs de Maugher Beach sur l'île McNabs, secteur que nous désignons port interne. Au premier examen de l'image (figure 1), il apparaît clairement que la forme du fond marin du port est complexe. La principale dépression, de

forme allongée et d'orientation nord-sud, est située entre la partie nord-ouest de l'île McNabs et la partie sud du Halifax péninsulaire. Parmi d'autres zones profondes plus petites figurent plusieurs dépressions circulaires isolées dans les Narrows et une dépression courbe en forme de douve au sud-est de l'île Georges.

Le fond des Narrows est accidenté et irrégulier et est marqué par la présence de crêtes d'orientation sud-ouest-nord-est. La zone étendue au nord et au sud de l'île Georges est généralement plate ou faiblement inclinée et paraît sans traits bien marqués. Toutefois, un examen plus attentif fait apparaître clairement de nombreux petits éléments topographiques de forme irrégulière. La partie la plus méridionale, à l'est de l'île McNabs et à l'extérieur de l'image, est de morphologie très complexe; on y trouve à la fois des zones à fond marin uni et plat et des zones à fond accidenté et irrégulier.

Un examen aussi sommaire ne jette que peu de lumière sur la nature ou l'origine des éléments du relief sur l'image. Des études géophysiques détaillées du port de Halifax (Fader et Miller, 1992; Fader et al., 1991; Fader et Miller, 1989; et al., 1990), basées sur des relevés par sonar à balayage latéral et par sismique-réflexion et combinées avec l'étude d'échantillons et de photographies, nous aident à interpréter l'image bathymétrique et à comprendre l'origine des éléments morphologiques.

### Interprétation

Il existe de nombreux traits géologiques naturels dans le fond du port de Halifax, mais ceux-ci sont souvent masqués sur les images de sonogrammes à balayage latéral par une empreinte d'origine anthropique très marquée (Buckley et Winters, 1992; Fader et al., 1991). Citons à titre d'exemples les débris de dragage, les traces d'ancres, les ballastières, les navires naufragés et des débris non identifiés. Ces traits sont par ailleurs difficiles à interpréter, aussi les documents historiques et archivés et les communications personnelles ont-ils constitué une précieuse source de renseignements qui nous a permis dans une large mesure de comprendre l'empreinte d'origine anthropique. Suit une brève interprétation des principales

caractéristiques de l'image bathymétrique, de la région des Narrows (figure 2) à l'île McNabs (figure 5).

### Les Narrows

Le fond marin des Narrows (figure 2) est très dur; il est composé essentiellement de gravier accompagné de gros blocs et de quelques affleurements du substratum rocheux recouverts d'une mince pellicule discontinue de boue (Fader et al., 1991). Des crêtes d'orientation est-ouest sont l'expression morphologique de crêtes du substratum rocheux enfouies; par endroits, elles sont recouvertes par du till atteignant 16 mètres d'épaisseur (Fader, sous presse). Les vestiges des deux plus anciens ponts enjambant les Narrows, construits à la fin du siècle dernier, gisent 500 mètres au sud du pont A. Murray Mackay; sur l'image multifaisceaux ils apparaissent comme une ombre linéaire pâle en travers des Narrows. Des détails des vestiges de ces ponts avaient déjà été observés grâce à des relevés par sonar à balayage latéral (Miller et al., 1990) qui avaient également révélé la présence sur le fond d'un coffrage contenant de gros blocs, des rails de chemin de fer et des pilotis en bois. Des formes curvilignes dans la même zone sont interprétées comme étant des crêtes de plages de gravier fossiles formées au cours de la transgression ma-

rine du port, il y a environ 6 000 ans (Miller et al., 1982), lorsque la mer a inondé les Narrows en période post-glaciaire. On a également indiqué sur la figure 2 l'emplacement supposé de l'explosion en 1917 du cargo Mont Blanc, la plus importante conflagration de l'histoire avant l'apparition de la bombe atomique (Fader, sous presse).

On aperçoit clairement dans la partie sud des Narrows le chenal encaissé fossile de l'ancienne rivière Sackville (King, 1970; Fader et al., 1991). Son cours sinueux serpente entre les crêtes du substratum rocheux qui apparaissent le long des flancs de cette partie du port. Depuis la transgression marine du port de Halifax, la sédimentation a été très lente dans la partie sud des Narrows (0,2-0,4 cm/année, Buckley et Winters, 1992), d'où la conservation sur le fond marin de la forme de l'ancien chenal fluvial. Les hautes crêtes au sud de la semelle est du pont Angus L. Macdonald sont composées d'ardoise de Halifax affleurant à travers le fond marin.

### Partie centrale du port

Malgré qu'en général le fond marin paraisse plat et sans traits bien marqués dans la zone entourant l'île Georges (figure 3), les sonogrammes à balayage latéral

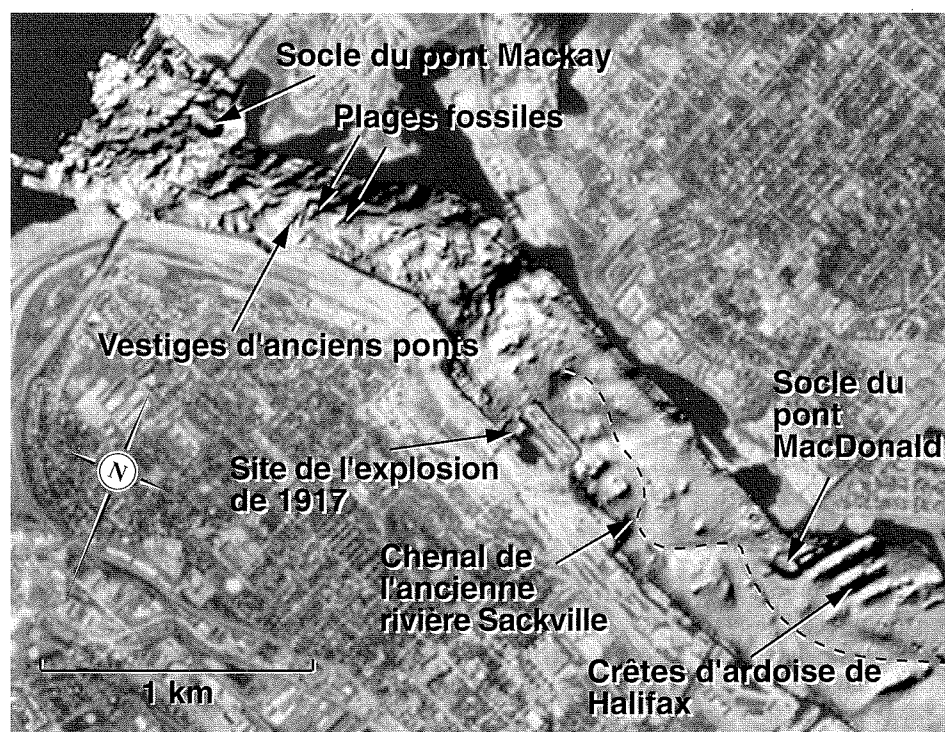


Figure 2 : Image à relief ombré et à échelle de gris de la région des Narrows du port de Halifax illustrant des formes d'origine naturelle et anthropique sur le fond marin.

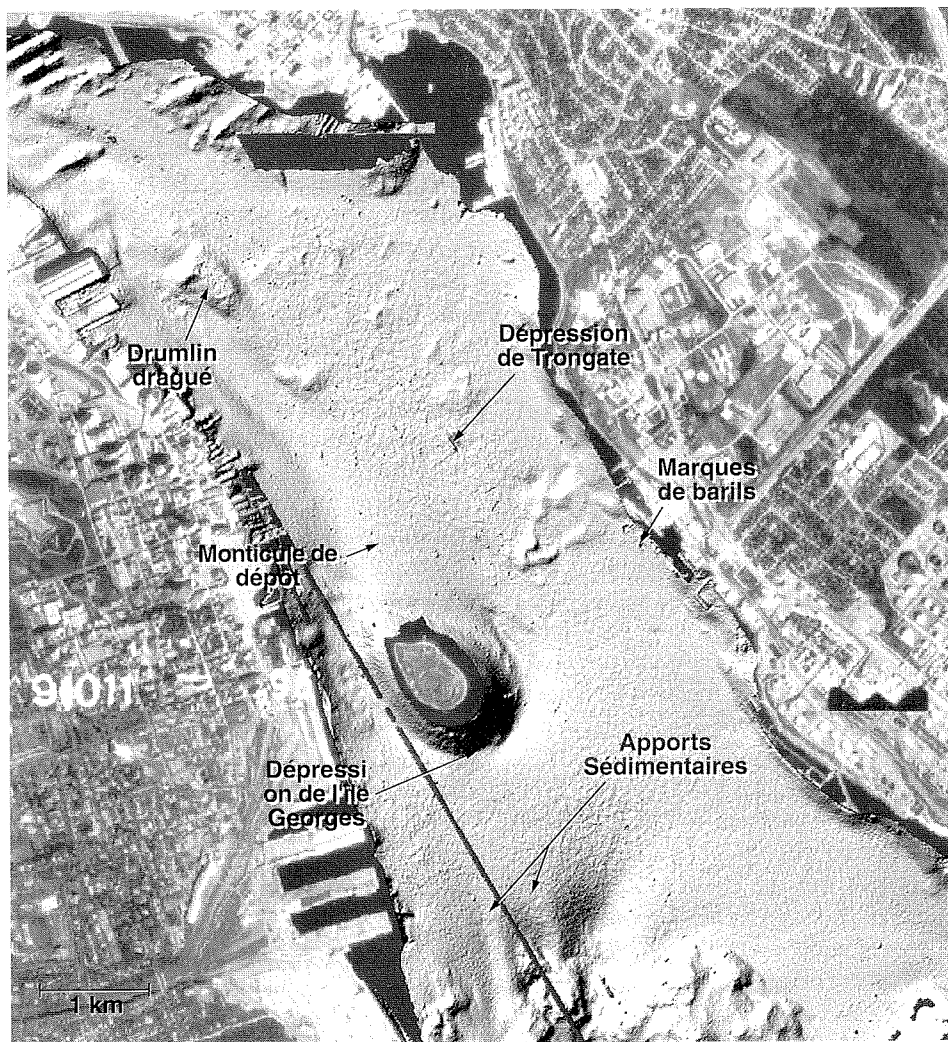


Figure 3 : Image à relief ombré et à échelle de gris de la partie centrale du port.

indiquent qu'il est sillonné par plusieurs générations de traces d'ancres (figure 4). Par le processus de la turbation mécanique (ancroturbation), la mise à l'eau et le dérapage des ancres peuvent engendrer des dépressions linéaires aux bords relevés, de même que des cavités isolées. Ces traces résiduelles atteignent 2 km de longueur, 5 m de largeur et 3 m de profondeur. Quoiqu'elles dominent souvent sur les sonogrammes à balayage latéral de cette zone, seules les plus grosses d'entre elles ressortent des données bathymétriques multifaisceaux.

D'autres traits morphologiques de cette zone résultent de l'échouage de navires et de plates-formes pétrolières. Près de la rive de Dartmouth, de vastes cavités à bords relevés de 15 mètres de diamètre sont interprétées comme étant des empreintes de réservoirs de support utilisés pour la mise à l'essai d'installations de forage auto-

élévatrices sur le fond marin du port. Un des plus gros traits morphologiques d'origine anthropique est l'empreinte de la coque du navire Trongate, dite « dépression de Trongate » (Fader et Miller, 1992). En effet, ce navire a été volontairement sabordé en 1942 au nord de l'île Georges parce que, suite à l'éclatement d'un incendie, son importante cargaison de munitions et

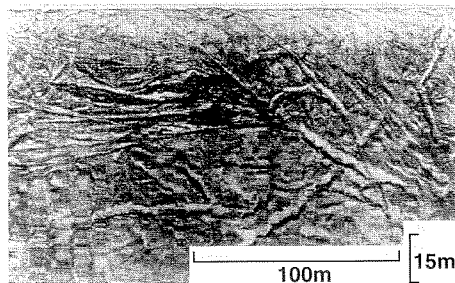


Figure 4 : Image sonar à balayage latéral de traces d'ancres sur le plancher du port de Halifax.

d'explosifs menaçait d'exploser. Les vestiges du navire ont finalement été relevés en 1956, mais une longue dépression linéaire flanquée de deux bords relevés asymétriques en boue, de même que sa cargaison d'obus, de bottes et de rouleaux de papier journal parsèment encore le fond du port.

L'image multifaisceaux montre très clairement des traits géomorphologiques de plus grande échelle qui ont été engendrés par des processus naturels de dépôt et d'érosion. Au sud de l'île Georges se trouvent deux formes linéaires de dépôt résultant de l'action de courants de fond coulant vers le nord en contournant des éminences du substratum rocheux sur le fond marin. En contournant ces obstacles, les courants accélèrent, entraînant une réduction de la sédimentation vers les côtés des monticules. À l'aval de ceux-ci, la vitesse du courant diminue, provoquant le dépôt de sédiments sur le fond et leur accumulation rapide. Il s'ensuit à la longue la formation au nord des obstacles d'un monticule linéaire composé de sédiments fins. Puisque le courant de fond s'écoule en général vers le nord (Fader et Petrie, 1991), ces diverses formes se conservent dans le temps. De tels dépôts sont qualifiés d'amas de sédiments engendrés par des obstacles.

Le côté sud de l'île Georges est entouré d'un trait morphologique en forme de douve que nous avons appelé la « douve de l'île Georges ». Elle a été produite par les mêmes processus de déviation du courant décrits ci-dessus. Directement au nord de l'île se trouve une forme en saillie; il s'agit d'un vaste monticule de dépôt composé de boues holocènes de plus de 6 m d'épaisseur (Fader et al., 1991). Au premier examen, il semble que la douve a été creusée à même les sédiments. Toutefois, sa structure interne révélée par les profils de sismique-réflexion indique qu'elle est caractéristique de cette partie du port depuis qu'il s'y dépose des sédiments à grains fins holocènes, c'est-à-dire depuis peut-être 5 000 ans. Ceci permet de supposer que la morphologie des courants dans le port n'a guère évolué depuis cette époque.

### De Point Pleasant Park à Sandwich Point

La morphologie de cette partie du port

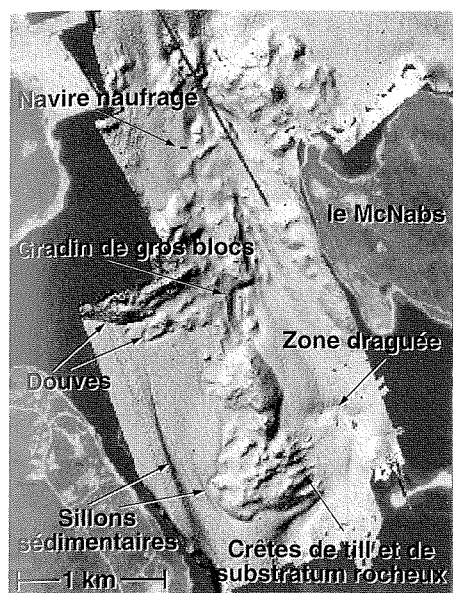


Figure 5 : Image à relief ombré à échelle de gris du fond marin dans le port de Halifax, de Point Pleasant Park à Sandwich Point, île McNabs.

(figure 5) est très complexe, allant de zones au relief accidenté à des zones à surface plane ponctuée de formes isolées. L'interprétation des éléments topographiques est difficile. Plusieurs traits morphologiques d'érosion ou non sédimentaires intéressants caractérisent cette zone. À partir de Sandwich Point, on trouve une série d'affouillements linéaires bifurqués dus à l'érosion, connus sous le nom de sillons sédimentaires (Fader et Miller, 1992). On soupçonnait leur présence depuis les relevés acoustiques traditionnels, mais il était très difficile de les délimiter et de les interpréter à cause de leur réponse atténuée parmi les données sonar à balayage latéral. Ces sillons ont probablement été produits par l'action de forts courants de fond unidirectionnels hélicoïdaux. Ils bifurquent dans la direction d'écoulement du courant, c'est pourquoi ils sont d'excellents indicateurs des directions de transport des sédiments. La direction de la bifurcation au nord confirme que les courants qui sont à l'origine de ces sillons coulent du sud au nord, vers la zone interne du port. Il existe dans cette zone d'autres traits morphologiques de fond dignes d'intérêt. On observe ainsi un long trait sinueux en forme de crête à une profondeur d'environ 23 mètres; celui-ci est interprété comme étant un gradin de gros blocs, vestige d'une ancienne ligne de rivage remontant à plus de 6 000 ans, lorsque le

niveau de la mer était plus bas (Miller et al., 1982; Shaw et al., 1993). Un trait morphologique semblable a déjà été cartographié en périphérie du bassin de Bedford (Fader et al., 1991). Dans la partie orientale de cette zone, l'ondulation naturelle du fond marin a été perturbée par des dragages récents. Cette activité a entraîné la formation dans le fond d'une vaste dépression, qui depuis lors a été atténuée et remodelée par l'action ultérieure des courants et des vagues. On peut également observer des navires naufragés sur ces images, mais on ne discerne guère leur structure détaillée. Le navire naufragé apparaissant à la figure 5 a été examiné de près par des plongeurs; on en a conclu qu'il s'agit du Havana, qui a coulé après une collision en 1906. Il faut avoir recours aux systèmes à balayage latéral pour pouvoir observer en détail de tels objets, ce qui permet au cartographe de distinguer les objets d'origine anthropique et ceux d'origine naturelle.

### Impact sur la société

Il était de la plus haute importance, pour la conception d'un système de gestion des eaux usées pour le port de Halifax (Fournier, 1990), de comprendre le devenir des particules relâchées à partir d'une décharge marine installée sur le fond marin du port. L'interprétation de l'image bathymétrique peut être utile pour tenter de résoudre de tels problèmes, aussi a-t-elle contribué à l'élaboration d'une image beaucoup plus claire des processus sédimentaires dans le port. Car les données bathymétriques du port sont la résultante de l'action intégrée de tous les processus ayant influé sur le fond marin du port de Halifax depuis la fonte des glaciers il y a plus de 12 000 ans (Shaw et al., 1993).

Les sillons sédimentaires, les amas de sédiments, la douve entourant la rive sud-est de l'île Georges et le monticule de dépôt au nord de cette même île témoignent tous d'un transport net de sédiments vers le nord, en remontant le port. De nombreuses données observationnelles tendent à confirmer qu'il y a depuis longtemps transport vers le nord, notamment les schémas de distribution des métaux lourds (Buckley et Winters, 1992), les dépocentres sédimentaires (Fader et al., 1991), les mesures océanographiques (Fader et Petrie, 1991) et des renseignements anecdotiques

sur la dérive des objets.

Le système de gestion des eaux d'égout du port de Halifax a été conçu pour améliorer le confinement et faciliter le dépôt des particules d'effluents dans la partie interne du port (Fournier, 1990; Halifax Harbour Cleanup Project, 1993). C'est pourquoi il était nécessaire de connaître les voies de transport des sédiments et les centres de dépôt. L'interprétation des données géophysiques traditionnelles avait permis de déterminer la localisation de ces derniers, mais les cartes bathymétriques multifaisceaux ont fourni une image beaucoup plus claire à l'échelle régionale et ont révélé l'existence de traits morphologiques jusque-là inconnus. La continuité et l'extension des sillons sédimentaires ressortent en effet plus distinctement sur les images multifaisceaux. En outre, la présence d'amas sédimentaires était jusqu'alors inconnue. Enfin, la clarté et la continuité des images bathymétriques ont largement levé l'ambiguïté que comportaient l'interprétation et la corrélation des ensembles de données recueillies par sonar à balayage latéral et par sismique-réflexion. Aussi la compréhension plus intégrée des phénomènes ainsi acquise a-t-elle aidé le Comité d'évaluation de l'environnement dans son choix de la douve de l'île Georges comme meilleur emplacement pour le diffuseur de débouché de l'usine de traitement des eaux usées.

### Rapports entre les données bathymétriques multifaisceaux et les autres informations géophysiques

On ne saurait surestimer la valeur d'une couverture complète du fond marin dans la présentation des données bathymétriques. La capacité à discerner les tendances structurelles facilite la planification des projets d'ingénierie mettant en jeu le fond marin, par exemple le choix d'un tracé pour la pose de câbles ou d'oléoducs. Le milieu des fonds marins est certes caractérisé dans ses grandes lignes, mais les micro-reliefs locaux (par exemple la présence ou absence de gros blocs) restent non définis. En revanche, les obstructions importantes à la pêche sur fond marin sont clairement visibles.

Il est tentant de conclure que les images

bathymétriques multifaisceaux suffisent à caractériser la nature et la géologie des fonds marins, rendant désuètes les méthodes de relevé traditionnelles. Mais nous savons maintenant que cette manière de voir est par trop optimiste. Les systèmes multifaisceaux excellent à délimiter les grands traits structuraux d'un milieu géologique donné; mais leur résolution spatiale ne suffit pas pour délimiter de nombreux traits morphologiques benthiques d'intérêt tels que les gros blocs, les traits de petite échelle et les petits objets d'origine anthropique. Les systèmes multifaisceaux ne nous renseignent pas non plus sur la subsurface, pourtant d'importance décisive dans la compréhension de l'histoire temporelle et spatiale d'un milieu en évolution. Il importe à l'avenir d'utiliser de manière intégrée les systèmes à faisceaux multiples et de combiner ceux-ci avec des mosaïques à balayage latéral et à couverture complète et avec des réseaux à haute densité de lignes sismiques. Cela permettra de mieux comprendre les processus de dépôt et d'érosion et les problèmes complexes relatifs à la qualité de l'environnement que doit affronter une société industrielle moderne.

### Remerciements

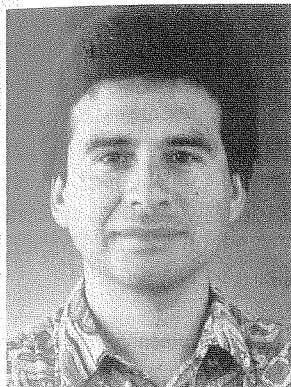
Les auteurs tiennent à remercier tout particulièrement les membres du Service hydrographique du Canada d'avoir prodigué temps et efforts pour recueillir les données utilisées dans le présent article et pour rendre ces nouveaux ensembles de données facilement accessibles pour que nous puissions en disposer. Nous remercions également R.O. Miller, S.S. Pecore et D. Buckley de leur contributions à la collecte des données, à l'interprétation géologique et aux discussions sur la géologie du port de Halifax.

### Références

- BUCKLEY, D.E. and G.V. WINTERS, 1992. Geochemical characteristics of contaminated surficial sediments in Halifax Harbour: impact of waste discharge. *Canadian Journal of Earth Sciences*, vol. 29, 2617-2639.
- COURTNEY, R.C. 1993. Halifax Harbour bathymetric morphology; Geological Survey of Canada Open File Report no. 2637, 1 colour map sheet.
- FADER, G.B.J. (in press), The marine geological setting and seabed impacts of the 1917 explosion of the *Mont Blanc* in Halifax Harbour, in *Proceedings of the 1917 Explosion Conference*, Goresbrook Institute, 1992, St. Mary's University, Nova Scotia.
- FADER, G.B.J and R.O. MILLER, 1992. Cruise report *Navicula* 1990-010, Geological Survey of Canada Open File Report no. 2445, 26 p.
- FADER, G.B.J., R.O. MILLER, and S.S. PECORE, 1991. The Marine Geology of Halifax Harbour and Adjacent Areas, Geological Survey of Canada Open File Report no. 2384, vol.1 23 p. and vol. 2 25 maps.
- FADER, G.B.J. and B. PETRIE, 1991. Halifax Harbour - How the currents affect sediment distributions, *In Science Review*, 1988 and 1989. T.E. Smith ed, Bedford Institute of Oceanography, p. 31-35.
- FOURNIER, R.O., 1990. Final report of the Halifax Harbour Task Force, submitted to Nova Scotia Minister of the Environment, 84 p.
- HALIFAX HARBOUR CLEANUP PROJECT, 1993. Report of the Federal-Provincial Environmental Assessment Panel for the Halifax-Dartmouth Metropolitan Wastewater Management System; 79 p.
- KING, L.H. 1970. Surficial geology of the Halifax-Sable Island map area, Marine Sciences Branch paper no. 1, Department of Energy, Mines and Resources, 15 p.
- MILLER, A.A.L., P.J. MUDIE, and D.B. SCOTT, 1982. Holocene history of Bedford Basin, Nova Scotia: foraminifera, dinoflagellate and pollen records, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 19:2342-2367.
- MILLER, R.O. and G.B.J. FADER, 1989. Cruise Report 88-018(A) Phase 1, F.R.V. *Navicula*, Geological Survey of Canada Open File Report no. 2039, 22 p., 1 map.
- MILLER, R.O., G.B.J. FADER, and D.E. BUCKLEY, 1990. Cruise Report 88-009 Phase A, F.R.V. *Navicula*, Geological Survey of Canada Open File Report no. 2242, 64 p.
- SHAW, J., R.B. TAYLOR, and D.L. FORBES 1993. Impact of the Holocene transgression on the Atlantic coastline of Nova Scotia, *Geographie physique et Quaternaire*, 47:221-238.

# Diffusion de la lumière par des bactéries hétérotrophes marines

O. Ulloa



O. Ulloa

La modélisation de la pénétration de la lumière dans l'océan et l'interprétation des mesures optiques obtenues par télédétection et par des capteurs optiques in situ nécessitent la connaissance des propriétés optiques des différentes substances présentes dans l'eau de mer. On a consacré des efforts considérables à l'étude des caractéristiques d'absorption et de diffusion du phytoplancton. On admet généralement que celui-ci (et ses produits dérivés) détermine dans une large mesure les propriétés optiques de l'eau de mer. Cela s'applique non seulement aux eaux océaniques profondes, mais également aux eaux littorales qui sont peu affectées par des apports terrigènes ou par la remise en suspension des sédiments. Nonobstant, nous avons consacré certains de nos travaux récents à l'analyse du rôle joué par les particules non pigmentées, jusqu'ici beaucoup moins étudiées, en particulier les bactéries hétérotrophes (Ulloa et al., 1992).

Les bactéries hétérotrophes sont des micro-organismes qui sont présents dans tous les milieux marins; leur nombre dépasse de 1 à 2 ordres de grandeur celui du phytoplancton. Pourtant, leur influence sur le champ lumineux dans l'océan a été peu étudiée. Elles sont petites (diamètre représentatif de  $\sim 0,5 \mu\text{m}$ ) comparées aux autres organismes planctoniques; elles peuvent néanmoins constituer une fraction importante de la biomasse planctonique

totale (en unités de carbone), surtout dans les eaux oligotrophes (Cho et Azam, 1990). Les études de certaines de leurs caractéristiques d'absorption et de diffusion ont été réalisées sur des cultures (Yentsch, 1962; Kopelevich et al., 1987; Morel et Ahn, 1990; Stramski et Kiefer, 1990). Ces études indiquent que les bactéries hétérotrophes pourraient contribuer de manière importante à la diffusion de la lumière dans l'eau de mer. On n'a toutefois pas encore évalué directement leur contribution aux propriétés optiques de ce milieu.

## Méthode de travail

Étant donné que nous ne disposons pas de moyens nous permettant d'estimer directement la diffusion bactérienne dans les eaux naturelles, nous avons eu recours à un autre procédé; celui-ci consiste à combiner la théorie de la diffusion de la lumière avec des données sur la taille et l'abondance des bactéries. Compte tenu de la forme sphérique, de l'orientation aléatoire et de la structure cellulaire simple de la plupart des bactéries marines vivant à l'état libre, on peut supposer en première approximation qu'elles constituent des particules sphériques et optiquement homogènes. La théorie de Mie de la diffusion (Mie, 1908) fournit des solutions exactes pour de telles particules, à condition que soient connus l'indice de réfraction et la taille des particules.

La répartition selon la taille des bactéries dans la nature peut différer sensiblement de celle des cultures en laboratoire, qui représentent une population sélectionnée sans prédateurs. Les données sur la taille bactérienne en milieu océanique sont toutefois encore restreintes. Bien que la taille bactérienne puisse être mesurée en culture au moyen de mesureurs de particules électroniques, la taille des bactéries provenant d'échantillons naturels est encore déterminée généralement par microscopie à épifluorescence, méthode fastidieuse et qui prend beaucoup de temps. La plupart des compteurs de particules ne permettent

pas de faire la distinction entre particules vivantes et inertes; en outre, dans la plupart des cas, le pouvoir de résolution des instruments est insuffisant pour fournir des données fiables sur les particules de diamètre inférieur à  $1 \mu\text{m}$ , et donc sur l'éventail de tailles comprenant les bactéries hétérotrophes. Notre travail est basé sur des mesures de taille détaillées d'échantillons bactériens naturels, mesures obtenues par microscopie à épifluorescence analysée par images. Quant à l'indice de réfraction bactérien, nous avons utilisé les valeurs publiées dans la littérature scientifique.

Les propriétés de diffusion des populations bactériennes naturelles dans divers milieux marins ont été déterminées par l'application de la théorie de Mie aux données sur la taille et l'abondance des bactéries. Les échantillons pour le comptage des bactéries et la mesure de leur taille ont été recueillis à bord du C.S.S. Hudson en août-septembre 1988. Nous avons analysé les données provenant de deux stations sur le banc Georges, deux stations dans le chenal Nord-Est (golfe du Maine) et une station dans la mer des Sargasses. Ces échantillons proviennent d'eaux dont la concentration pigmentaire varie presque selon deux ordres de grandeur. Au laboratoire, les cellules ont été teintées au moyen de la diaminodiphénylindole (DAPI) et comptées sur microscope à épifluorescence. Pour la détermination de la taille, on a pris des diapositives de champs orientés de manière aléatoire. Les images obtenues par projection des diapositives ont été saisies au moyen d'une caméra vidéo pour être ensuite numérisées et traitées au moyen d'un analyseur d'images. La répartition selon la taille de toutes les bactéries mesurées est illustrée à la figure 1.

## Caractéristiques optiques des bactéries

Un moyen de caractériser le processus de usage du coefficient de diffusion  $b$  (de dimensions  $[L^{-1}]$ ); celui-ci spécifie la fraction de lumière qui est soustraite d'un faisceau

par unité de longueur de trajectoire à cause de la diffusion. Pour de nombreux problèmes en océanographie optique (relatifs p. ex. à la théorie de la couleur de l'océan et à la télédétection), on s'intéresse également à la fraction de la lumière qui est diffusée uniquement dans la direction arrière par rapport à celle de la lumière incidente. Il est donc utile de disposer aussi de données sur le coefficient de rétrodiffusion  $bb$  (de même dimensions que  $b$ ), qui spécifie la fraction de lumière qui est soustraite d'un faisceau par unité de longueur de trajectoire à cause de la rétrodiffusion. Le coefficient de diffusion et le coefficient de rétrodiffusion sont tous deux des propriétés optiques intrinsèques, puisque leur magnitude ne dépend que de la nature des composantes présentes dans l'eau de mer et sont indépendantes de la géométrie du champ de lumière incident. Ces coefficients correspondent à la somme des contributions de l'eau de mer pure et des substances en solution et en suspension.

Les coefficients de diffusion et de rétrodiffusion bactériens ont été obtenus par calculs numériques en appliquant les équations de Mie à la distribution de taille observée. Les résultats pour une longueur d'onde de 550 nm sont illustrés aux figures 2 et 3. Les coefficients de diffusion et de rétrodiffusion globaux (obtenus à partir des données pigmentaires au moyen de relations empiriques), de même que les coefficients de diffusion et de rétrodiffusion de l'eau de mer pure, sont également donnés à des fins

de comparaison. Il ressort de ces résultats que l'apport des bactéries au coefficient total de diffusion serait en moyenne d'environ 10 % au banc Georges (variant de 7 à 17 %) et dans la mer des Sargasses (variant de 3 à 16 %) et de 30 % dans le chenal Nord-Est (variant de 9 à 57 %). S'agissant du coefficient total de rétrodiffusion, la contribution bactérienne serait en moyenne de quelque 7 % au banc Georges (variant de 5 à 9 %), de 12 % dans le chenal Nord-Est (variant de 3 à 22 %) et de 3 % dans la mer des Sargasses (variant de 1 à 4 %). L'apport bactérien apparemment plus élevé aux coefficients de diffusion et de rétrodiffusion dans le chenal Nord-Est par rapport aux autres sites peut s'expliquer par l'abondance bactérienne plus élevée observée dans les eaux de surface à faible teneur en chlorophylle et stratifiées en été.

Ces résultats démontrent que les bactéries contribuent de manière importante au coefficient de diffusion total dans chacun des trois milieux étudiés. Or leur contribution ne dépend pas tant du statut trophique de l'écosystème (c'est-à-dire des abondances phytoplanctoniques telles que mesurées par leur concentration pigmentaire) que de l'abondance relative locale (et des propriétés optiques) de chacune des composantes principales qui influencent les propriétés optiques de l'eau de mer. Les sites caractérisés par la plus haute contribution bactérienne à la diffusion totale sont ceux du chenal Nord-Est, qui représentent un cas intermédiaire entre les eaux riches en phytoplancton du banc de Georges et les eaux oligotrophes de la mer des Sargasses. Dans le cas de la rétrodiffusion, la contribution bactérienne au coefficient de rétrodiffusion total paraît quelque peu inférieure à celle du coefficient de diffusion total, mais elle est néanmoins importante.

## Discussion

Ces résultats ne concordent pas avec les prédictions théoriques émises antérieurement selon lesquelles la diffusion d'origine bactérienne relativement à la diffusion totale serait plus importante dans des eaux contenant une concentration élevée de bactéries (Kopelevich et al., 1987), l'apport bactérien relatif serait indépendant de la quantité de pigments (Morel et Ahn, 1990) et leur contribution relative serait plus importante dans les régions océaniques

oligotrophes (Stramski et Kiefer, 1990). Les lacunes de ces prédictions s'expliquent en partie par le fait qu'elles supposaient l'existence d'une relation entre la concentration de bactéries hétérotrophes et la concentration de pigment phytoplanctonique. Des résultats récents, notamment des résultats obtenus au cours de la même croisière qui a fourni les données bactériennes pour notre étude (Li et al., 1992) démontrent que cette supposition est erronée et que la relation entre les abondances de bactéries et de pigments se caractérise par une forte dispersion. Il s'ensuit que l'apport bactérien aux coefficients de diffusion devra être évalué indépendamment de l'apport phytoplanctonique.

Ces résultats ont d'importantes implications pour l'interprétation des données optiques. Il a par exemple été proposé que les taux de croissance phytoplanctoniques soient estimés à partir des changements dans le coefficient d'atténuation mesurés au moyen de transmissiomètres. Toutefois, pour mesurer avec précision ces taux de croissance, il faut connaître les contributions relatives du phytoplancton, des microhétérotrophes et des débris au processus d'atténuation. Étant donné que les variations du coefficient d'atténuation sont essentiellement tributaires de la diffusion (par opposition à l'absorption) aux longueurs d'ondes utilisées par les transmissiomètres, l'apport bactérien ne pourra pas être négligé ou considéré proportionnel à celui du phytoplancton, et il devra être estimé indépendamment.

Pour modéliser et interpréter les données recueillies par télédétection sur la couleur océanique, il faut prendre en compte le coefficient de rétrodiffusion puisque c'est cette dernière propriété optique (combinée avec le coefficient d'absorption) qui est à l'origine de la réflectance d'irradiation, c'est-à-dire de la couleur océanique. Les résultats du présent travail démontrent que les bactéries hétérotrophes peuvent contribuer jusqu'à 20 % du coefficient total de rétrodiffusion, mais qu'en général leur apport est  $\leq 10$  %. Étant donné que le coefficient de rétrodiffusion est directement proportionnel à la réflectance d'irradiation, il s'ensuivrait des erreurs relatives du même ordre de grandeur si l'on négligeait la contribution indépendante des bactéries au coefficient de rétrodiffusion.

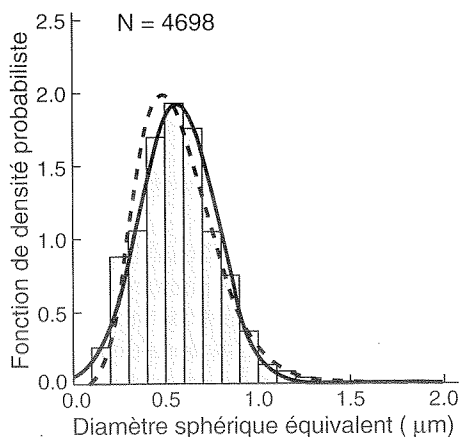


Figure 1 : Distribution de la taille bactérienne dans l'ouest de l'Atlantique Nord. Données combinées pour le banc Georges, le Northeast Channel et la mer des Sargasses. Une distribution normale (trait plein) et une distribution gamma (trait discontinu) ont été superposées aux données.

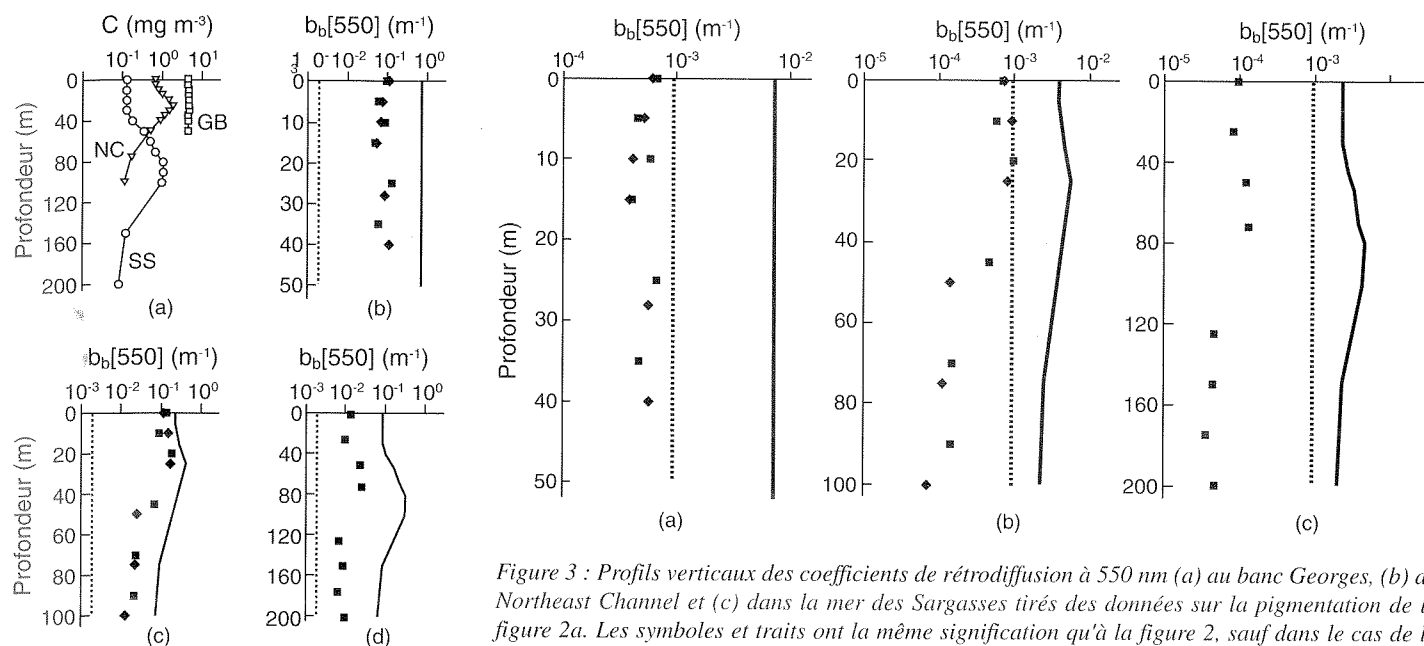


Figure 2 : (a) Profils verticaux moyens de la concentration pigmentaire phytoplanctonique  $C$  (chlorophylle- $a$  + phéopigments) au banc Georges (GB), dans le Northeast Channel (NC) et la mer des Sargasses (SS), et comparaison entre le coefficient de diffusion à 550 nm attribuable à l'eau de mer pure (trait en pointillé) ou aux bactéries hétérotrophes (symboles : les carrés représentent la station 1 et les losanges la station 2) et le coefficient de diffusion total à la même longueur d'onde (trait continu) tiré des données pigmentaires au (b) banc Georges, au (c) Northeast Channel et à (d) la mer des Sargasses.

Récemment, nous avons également étudié l'effet d'autres particules submicrométriques (p. ex. les particules détritiques) sur la diffusion de la lumière dans l'océan, de même que la manière dont des changements dans la répartition selon la taille de l'ensemble des particules en suspension peuvent modifier les propriétés optiques de l'eau de mer. Nous prévoyons incorporer ces nouvelles données sur les bactéries et sur les autres particules submicrométriques à de nouveaux modèles sur la transmission de la lumière dans l'eau de mer, ce qui nous aidera à mieux interpréter les images satellite de la couleur océanique et à mieux déterminer la production primaire par télédétection. Le présent travail a été réalisé dans le cadre de la contribution canadienne au Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS).

Figure 3 : Profils verticaux des coefficients de rétrodiffusion à 550 nm (a) au banc Georges, (b) au Northeast Channel et (c) dans la mer des Sargasses tirés des données sur la pigmentation de la figure 2a. Les symboles et traits ont la même signification qu'à la figure 2, sauf dans le cas de la rétrodiffusion.

## Références

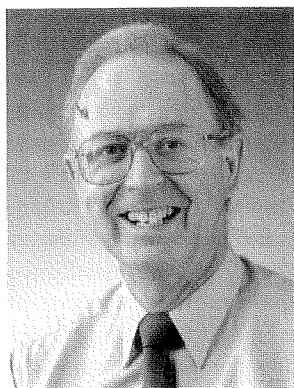
- CHO, B.C., and F. AZAM. 1990. Biogeochemical significance of bacterial biomass in the ocean's euphotic zone, *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 63: 253-259.
- KOPELEVICH, O.V., V.V. RODIONOV, and T.P. STUPAKOVA. 1987. Effect of bacteria on optical characteristics of ocean water, *Oceanology, Engl. Trans.* 27: 696-700.
- LI, W. K. W., P.M. DICKIE, B.D. IRWIN, and A.M. WOOD. 1992. Biomass of bacteria, cyanobacteria, prochlorophytes and photosynthetic eukaryotes in the Sargasso Sea, *Deep-Sea Res.* 39: 501-519.
- MIE, G. 1908. Beiträge zur Optik trüber Medien, Speziell kolloidalen Metallösungen, *Ann. Phys.* 25: 377-445.
- MOREL, A., and Y.-H. AHN. 1990. Optical efficiency factors of free-living marine bacteria: Influence of bacterioplankton upon the optical properties and particulate organic carbon in oceanic waters, *J. Mar. Res.*, 48: 145-175.
- STRAMSKI, D., and D.A. KIEFER. 1990. Optical properties of marine bacteria, *Proc. Soc. Photo. Opt. Instrum. Eng., Ocean Opt. X*, 1302: 250-268.
- ULLOA, O., S. SATHYENDRANATH, T. PLATT and R.A. QUIÑONES. 1992. Light Scattering by marine heterotrophic bacteria. *J. Geophys. Res.* 97: 9619-9629.

YENTSCH, C. S. 1962. Measurements of visible light absorption by particulate matter in the ocean, *Limnol. Oceanogr.* 7: 207-217.

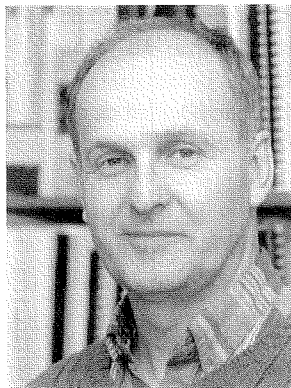


# Transferts technologiques à partir de la recherche océanographique

H.B. Nicholls et G.H. Seibert



H.B. Nicholls



G.H. Seibert

## Introduction

Les programmes de recherche et de levés entrepris ou soutenus par les agences gouvernementales dans l'exécution de leurs mandats apportent souvent des résultats utiles aux industries. Cela s'est fréquemment produit aux trois laboratoires fédéraux que sont l'Institut Bedford d'Océanographie (IBO), le Laboratoire de recherche de Halifax et la Station biologique Saint Andrews (les laboratoires). Ces établissements scientifiques poursuivent des recherches sur le milieu marin et sur les ressources renouvelables et non renouvelables de la côte est du Canada. Entre autres résultats de ces activités figurent les produits technologiques (définis plus loin). Seront analysés dans le présent article les transferts technologiques des laboratoires à l'industrie et à d'autres clients.

## Transferts technologiques - description et définition

Les transferts technologiques sont un maillon de la grande chaîne de l'innovation. Celle-ci se déroule souvent au sein d'une même entreprise; elle comporte cinq phases : production de l'idée; recherche et développement; développement du produit; production et distribution (Doyle, 1990). Les deux premières phases peuvent se dérouler dans un autre type d'institution, p. ex. dans un laboratoire gouvernemental, le concept ainsi produit étant ensuite transféré à l'entreprise commerciale. Un tel processus comporte cinq étapes

(McKeown, 1993, comm. pers.) :

- création du concept par un scientifique ou un ingénieur
- communication du concept par le scientifique ou l'ingénieur (l'inventeur) à l'entreprise commerciale
- production d'un prototype commercial par l'entreprise
- fabrication du produit fini par l'entreprise, débouchant sur la mise en marché et la vente de ce produit.

Dans le présent article seront décrits le nombre et la nature des concepts technologiques qui ont été transférés des laboratoires à l'industrie privée et à d'autres clients au cours de la période 1987-1992. La définition suivante de transfert technologique a été utilisée (Nicholls, 1993, comm. pers.) :

*« le transfert de matériel, de logiciel, d'information ou de services se traduisant, directement ou indirectement, en bénéfices économiques pour l'entreprise bénéficiaire par la mise en marché d'un produit ou d'un service issu en totalité ou en partie de la technologie transférée, ou pouvant potentiellement fournir de tels bénéfices. »*

Il s'ensuit de cette définition que la prestation de conseils, de données, etc. ne débouchant pas sur des bénéfices économiques pour l'entreprise par la mise en marché d'un produit n'est pas considérée comme constituant un transfert technologique; elle n'a donc pas été comptabilisée dans le présent document. Il n'en reste pas moins vrai que les

laboratoires fournissent régulièrement de tels services, par exemple en rapport avec l'évaluation de l'impact environnemental d'un développement industriel.

Les données suivantes ont été recueillies eu égard à chaque transfert recensé :

- nom et adresse de l'entreprise/du client
- activité commerciale de l'entreprise/du client
- nature spécifique de la technologie transférée
- produit final dans l'entreprise (produit, service, etc.)
- source de la technologie transférée
- à partir d'une collaboration entre le laboratoire et l'entreprise
- à partir d'un travail réalisé uniquement au sein du laboratoire
- autre
- étapes importantes et dates du développement/transfert technologique
- bénéfiques pour le laboratoire
- bénéfiques pour l'entreprise, y compris des informations d'ordre général sur les applications commerciales
- autre information utile

L'espace qui nous est imparti étant limité, ces données ne seront pas toutes prises en considération dans le présent article. La rédaction ultérieure d'un rapport technique plus complet sur ce sujet est toutefois prévue.

## Transferts technologiques vers des entreprises

Quelque 71 cas de transferts technologiques de laboratoires vers des entreprises ont été recensés pour la période 1987-1992; ces cas concernent 42 entreprises ou autres clients (voir le tableau 1). Pour l'analyse de ces cas selon le type de technologie, on a fait appel à certaines des catégories utilisées dans le cadre de l'initiative « SPARK » lancée en 1992 par la Colombie-Britannique et intitulée « The Oceans and British Columbia : A Strategic Framework for Ocean Industry, Science and Technology » [(« Les océans et la Colombie-Britannique : un cadre stratégique pour l'industrie, la science et la technologie marines ») (SPARK Oceans Committee, 1993)]. Le nombre de cas de transferts technologiques à partir de

laboratoires pour chaque catégorie de transfert est indiqué ci-dessous :

• Systèmes d'observation des océans (techniques de cueillette des données)	10
• Systèmes d'information sur les océans (traitement, interprétation et visualisation des données)	12
• Robotique et véhicules marins, y compris véhicules remorqués et semi-submersibles	4
• Instruments et électronique océanographiques	24
• Navigation marine	1
• Applications marines de la biotechnologie-aquiculture	14
• Services scientifiques (chimie analytique, analyses marines, entretien des instruments)	6
• Autres	0
<b>TOTAL</b>	<b>71</b>

On a comparé ces résultats à ceux obtenus au cours d'une enquête réalisée antérieurement pendant les années 1980 (approx.)-1986 (incl.). Cette enquête (Pêches et Océans, 1988a et b) avait, entre autres choses, révélé que les activités scientifiques du ministère des Pêches et des Océans (MPO) engendrent de nombreux bénéfices économiques, technologiques et industriels pour le Canada. Mais les différences quant au champ d'étude et à la précision d'analyse des deux enquêtes rendent difficile la comparaison de leurs résultats. Toutefois, exception faite de l'aquiculture, un examen des mêmes catégories concernant uniquement les activités du MPO à l'IBO, fournit les résultats suivants :

	1980-86	1987-92
• Systèmes d'observation des océans	0	10
• Systèmes d'information sur les océans	10	12
• Robotique et véhicules marins	1	4
• Instruments et électronique océanographiques	7	22
• Navigation marine	0	0
• Services scientifiques	6	6
• Autres	3	0
<b>TOTAUX :</b>	<b>27</b>	<b>54</b>

## Conséquences des transferts technologiques

Nous détaillons ci-dessous quatre exemples en décrivant les conséquences du transfert d'un concept technologique spécifique.

### Systèmes d'observation des océans - dériveurs lagrangiens

En 1989, la société Seimac Ltée, de Dartmouth, en Nouvelle-Écosse, s'est vu attribuer un contrat par le gouvernement des États-Unis prévoyant la fourniture de 20 dériveurs de ce type pour l'enregistrement des courants et des phénomènes de dérive dans l'océan Pacifique. Seimac a été préférée à deux soumissionnaires américains quant au mérite technique et au coût pour l'attribution de ce contrat de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Ces bouées, commandées par le bureau de la NOAA à Seattle, État de Washington, comportent un dispositif semblable à une ancre marine pour suivre des masses d'eau jugées intéressantes; la position de la bouée est communiquée par l'intermédiaire du satellite ARGOS. Dans un article publié en septembre 1989 dans la section Affaires du *Halifax Mail Star*, le président de l'entreprise a souligné que le personnel de l'Institut Bedford d'océanographie a joué un rôle de soutien au cours de la phase de développement de la bouée par Seimac, et d'ajouter que les entreprises locales "ont de la chance de bénéficier de la présence d'un organisme comme l'IBO (dans la région)". Ce contrat de la NOAA a permis à d'autres entreprises locales de profiter de ses retombées pour la fourniture de cônes-ancres, de lignes Kevlar, de pièces pour voiles, de lattes en aluminium, d'éléments métalliques divers et de coques en fibre de verre pour les transmetteurs.

### Systèmes d'information sur les océans - structures/techniques pour la mise en mémoire, la manipulation et l'interrogation efficaces des ensembles de données importants (spatiaux, temporels)

Dans le but de résoudre les problèmes de gestion des données du Service hydrographique du Canada (SHC), les chercheurs de l'IBO ont inventé une solution qui a rapidement été reconnue comme une importante percée dans le domaine. Le SHC s'est associé à Oracle Corporation, le principal fournisseur de logiciels de bases de données au monde, afin de développer des applications pour la gestion de données. Cette association, fondée sur un accord de licence, comportait de très importants transferts de technologie du SHC à Oracle, équivalents à un an de travail de l'inventeur du MPO. En retour des contributions et de la technologie du MPO, l'entreprise s'est engagée à livrer gratuitement des logiciels d'une valeur de presque un million de dollars. Toutefois, l'impact à long terme de cette association sera la création au Canada d'un centre de recherches de niveau mondial. Au cours de son allocution adressée à l'occasion de l'inauguration officielle du centre de

recherches d'Oracle, l'Honorable Benoît Bouchard, Ministre responsable du Bureau fédéral de développement régional, à Québec, a cité l'association SHC-Oracle comme illustration de "l'engagement du Canada dans la mise sur pied de telles initiatives conjointes, pour accroître nos efforts et nos ressources intellectuels en vue d'offrir un meilleur cadre de vie et de travail pour tous les Canadiens."

### Instruments et électronique océaniques - compteur planctonique optique

Le compteur planctonique optique est un instrument nécessitant peu d'entretien et permettant d'étudier rapidement et de manière continue des organismes marins sur de vastes superficies et à des vitesses de remorquage allant jusqu'à 12 noeuds. Il peut être installé sur un poisson remorqué ondulant, des profileurs verticaux ou des échantillonneurs à filet. Cette technologie a été transférée en 1990 avec l'autorisation des inventeurs à la société Focal Technologies Inc., de Dartmouth, Nouvelle-Écosse. Dans une lettre datée de novembre 1993 adressée à l'IBO, la société a fait état de ventes encourageantes au cours des trois premières années et des prévisions également encourageantes pour les quelques années à venir. Elle a également signalé que diverses applications nouvelles étaient en voie d'étude, notamment en collaboration avec Hydro Ontario relativement aux problèmes suscités par la moule Zebra. La lettre se termine comme suit : "La coopération de tout le Groupe de métrologie (à l'IBO), du soutien à la mise en marché à l'assistance technique, a très certainement contribué à ce succès. Merci."

### Biotechnologie, Aquiculture marines - expertise et connaissances (plusieurs exemples)

Les transferts technologiques à partir principalement de la Station biologique Saint Andrews et du Laboratoire de recherches sur les pêcheries de Halifax vers l'industrie de l'aquiculture dans des domaines tels que le développement des oeufs et le développement larvaire, l'élaboration de l'alimentation pour poissons et la fourniture d'alevins vont tout à fait dans le sens de la stratégie en aquiculture du MPO. Celui-ci, grâce au partenariat avec le monde industriel, cherche à promouvoir les progrès et l'innovation dans le développement de l'aquiculture de même qu'une gestion coopérative propice pour un environnement sain et productif. Les obligations statutaires du MPO en matière d'inspection et de réglementation dans le cadre, notamment, du Règlement sur la protection de la santé des poissons, devraient encore être honorées. Mais,

de plus en plus, les transferts technologiques aidant, le secteur privé mettra en oeuvre au moins quelques-unes de ces activités, cela sous la surveillance du MPO. Les activités à plus long terme du MPO restent dictées par les besoins de la clientèle; elles s'articulent autour d'initiatives favorisant une plus grande diversification industrielle, par exemple l'introduction du flétan comme nouvelle espèce en aquiculture. Le MPO continuera à assurer les services essentiels là où le secteur privé n'a pas encore développé les capacités requises pour répondre aux besoins industriels.

### Conclusions

Le transfert de technologie d'un laboratoire à l'industrie est généralement considéré comme une chose souhaitable en elle-même et, dans certains cas, comme une mesure de l'utilité ou de la valeur du laboratoire. Toutefois, Hoagland et Kite (1989) incitent à la prudence. Ils notent que le niveau d'activité varie selon le domaine de recherche; ainsi, l'océanographie se range en général à cet égard derrière des domaines tels que la biotechnologie, la microélectronique et l'étude des matériaux spéciaux. Ils soulignent que les produits de la recherche océanographique ont une valeur et des applications autres que celles débouchant sur des produits ou technologies d'utilité commerciale. Le présent article, qui couvre l'océanographie et les domaines connexes, démontre qu'il est possible de maintenir un niveau de transfert technologique élevé sur une période de plusieurs années. Ainsi, l'Institut Bedford d'océanographie a développé, pour satisfaire à ses propres besoins, des instruments et des systèmes nouveaux qui ne sont pas disponibles sur le marché. Toutefois, parce que le développement d'instruments océanographiques est « lent et coûteux - et de plus en plus douloureux » (Wunsch, 1989), il est souvent réalisé en collaboration avec des partenaires industriels. Même après le transfert à l'industrie, il subsiste de nombreux obstacles à surmonter avant que ce transfert ne se traduise par la création d'un produit ayant un marché. La Station biologique de Saint Andrews et le Laboratoire de recherches sur les pêcheries de Halifax transfèrent actuellement des technologies pour encourager l'industrie de l'aquiculture, qui se développe sur la côte est du Canada. Dans le cas présent, il s'agit plutôt d'apporter des conseils et une expérience que de fournir des instruments et des systèmes.

### Références

DEPARTMENT OF FISHERIES AND OCEANS. 1988a. Fisheries and Oceans Research Centres: Economic and Technological Benefits. Department of Fisheries and Oceans, Ottawa, Ontario.

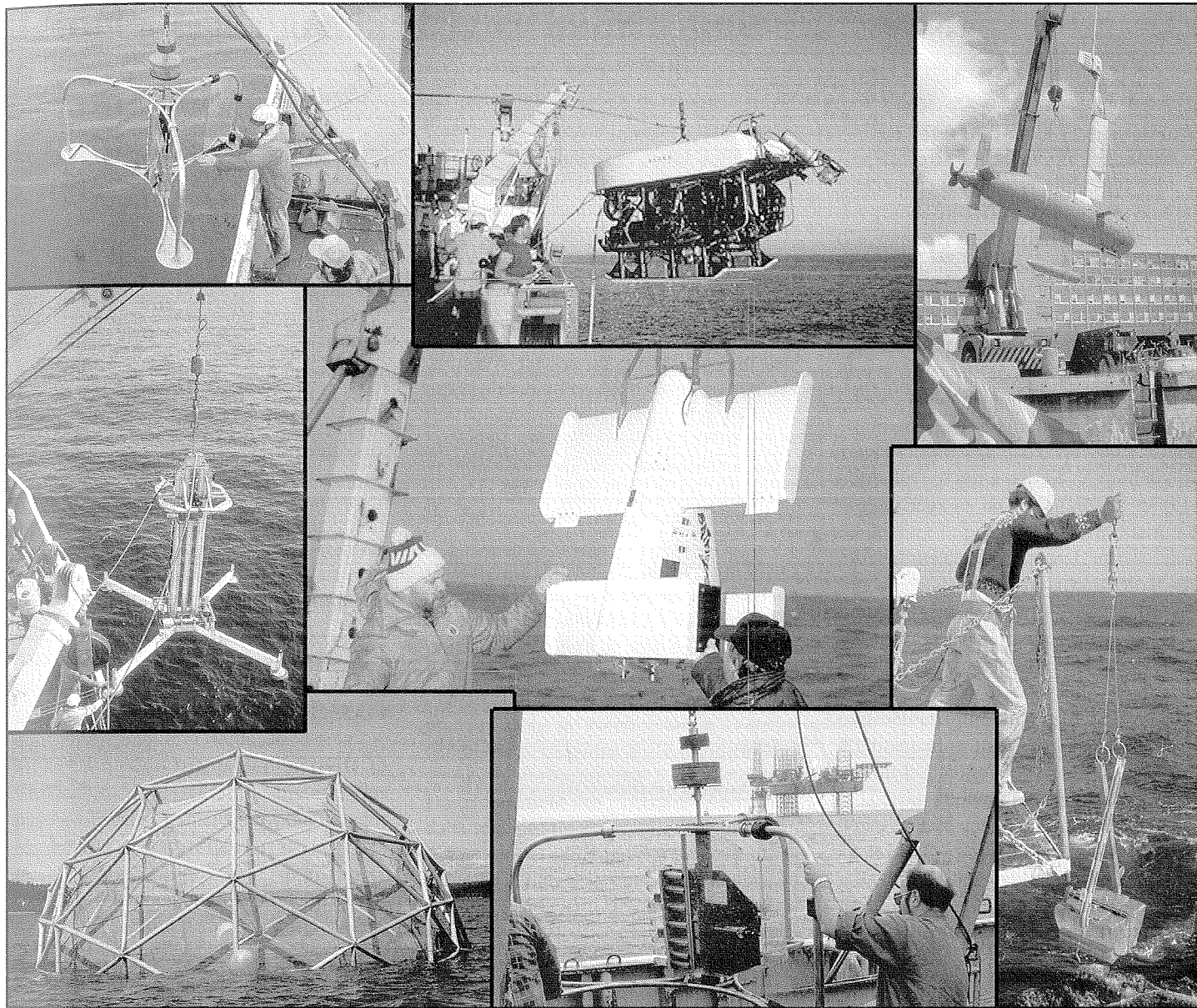
DEPARTMENT OF FISHERIES AND OCEANS. 1989b. Fisheries and Oceans Research Centres: Cases of Technology Transfer. Department of Fisheries and Oceans, Ottawa, Ontario.

DOYLE, D.J. 1990. Making Technology Happen. Doyltech Corporation, Kanata, Ontario.

HOAGLAND, P. and H.L. KITE-POWELL. 1989. Technology Transfer and Intellectual Property Management in the Field of Oceanography: An Overview of Research Institution/Industry Relations. Working Paper, Marine Policy Centre, Woods Hole Oceanographic Institution.

SPARK OCEANS COMMITTEE. 1993. The Oceans and British Columbia: A Strategic Framework for Ocean Industry, Science and Technology. Science Council of British Columbia, Victoria, B.C.

WUNSCH, C. 1989. Comments on Oceanographic Instrument Development. *Oceanography*, 2(2): 26-7, 64.



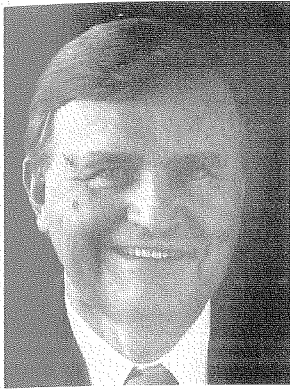
**Tableau 1**  
**Technologie transférée 1987-1992**

Société ou Organisme	Technologie
1 Applied Microelectronics Inst. 2 Arctic Sciences Ltd. 3 Atlantic Salmon Federation 4 ASA Consulting Ltd. 5 ASA Consulting Ltd.	technologie analytique pour détermination des nitrates dans l'eau de mer capacité à mesurer les paramètres mer-glace, y compris les méthodes associées d'analyse des données données sur la performance de tacons déjà mûrs lorsque élevés dans des cages en mer information sur le niveau d'eau océanique littoral capacité à utiliser l'imagerie de radar à synthèse d'ouverture pour la modélisation opérationnelle des vagues ( <i>transfert conjoint - voir également le #49</i> )
6 Atlantic Veterinary College 7 Axiom Engineering Ltd. 8 Axiom Engineering Ltd. 9 Richard Branker Research Ltd. 10 Brooke Ocean Technology Ltd.	technologie et formation analytiques pour des mesures sur l'acide domoïque conception d'un capteur et d'un châssis associé pour un système de mesure de l'épaisseur de la glace par hélicoptère conception d'un système d'observation de la glace/neige conseils et données pour la conception d'un enregistreur automatique de données sur la température-conductivité conception d'un treuil océanographique pour sondes en chute libre
11 Brooke Ocean Technology Ltd. 12 Brooke Ocean Technology Ltd. 13 Brooke Ocean Technology Ltd. 14 Brooke Ocean Technology Ltd. 15 Brooke Ocean Technology Ltd.	conception d'un magnétomètre pour fond marin conception d'un vibrocarottier caractéristiques, principes de conception et expérience de terrain relatifs au système de lancement et de récupération du véhicule semi-submersible DOLPHIN information technique et expérience pratique relatifs au véhicule remorqué BRUTIV ( <i>transfert conjoint - voir également le #35</i> ) conception et conseils relatifs à un profileur médio-océanique
16 Brooke Ocean Technology Ltd. 17 Brooke Ocean Technology Ltd. 18 Brooke Ocean Technology Ltd.	conception d'une bouteille d'échantillonnage de l'eau pour l'océanographie physique et chimique ( <i>transfert conjoint - voir également le #45</i> ) dessins, détails sur la fabrication et résultats des essais en mer pour un module CTD utilisé dans les systèmes de manoeuvre d'appareils océanographiques dessins techniques, détails de fabrication et résultats des essais en mer pour un stoppeur à galets utilisé dans les systèmes de manoeuvre d'appareils océanographiques ( <i>transfert conjoint - voir également #40, #44</i> )

19 Brooke Ocean Technology Ltd. 20 Connors Brothers	principes de conception et détails sur le fonctionnement relatifs au déplacement du module CTD de navire données sur le développement des oeufs et des larves de saumons pour l'aquiculture ( <i>également transféré à d'autres entreprises</i> )
21 Connors Brothers 22 Connors Brothers 23 Connors Brothers 24 Connors Brothers 25 Coretec Inc.	spécification et exigences pour la confection industrielle de l'alimentation de poissons pour l'aquiculture température optimale pour amorcer l'alimentation des tacons en aquiculture ( <i>également transféré à d'autres sociétés</i> ) utilisation du contenu en eau des alevins pour déterminer quand il faut amorcer l'alimentation des tacons en aquiculture ( <i>également transféré à d'autres sociétés</i> ) utilisation d'un couvercle au cours de la première alimentation des tacons en aquiculture ( <i>également transféré à d'autres sociétés</i> ) modèle informatisé pour prévoir la formation de glace en mer
26 Corey Feed Mills 27 Correpro Atlantic Ltd. 28 Correpro Atlantic Ltd. 29 Eastern Marine Marsh Ltd. 30 Femto Electronics Ltd.	spécification et exigences pour la confection industrielle de l'alimentation de poissons pour l'aquiculture mécanisme de déclenchement sous-marin sans pièces mobiles pour appareils océanographiques amarrés caractéristiques, principes de conception et conseils pour une liaison de données électromagnétique numérique sous-marine principes de conception, dessins et expérience pratique relatifs à un module résistant au chalutage techniques de traitement des données acoustiques pour estimation acoustique de l'abondance des poissons
31 Focal Technologies Inc. 32 Focal Technologies Inc. 33 Focal Technologies Inc. 34 Focal Technologies Inc. 35 Geoforce Consultants	caractéristiques, expérience de terrain et données sur des essais relatives à des bagues glissantes océanographiques conception, fabrication, essais et données sur l'utilisation scientifique relatifs à un compteur planctonique optique caractéristiques, expérience de terrain et données sur les essais relatives à un spectromètre à fibres optiques caractéristiques, expérience de terrain et données sur les essais relatives à un fluorimètre à fibres optiques procédés d'entretien et de manoeuvre relatifs au véhicule remorqué BRUTIV ( <i>transfert conjoint - voir également le #14</i> )
36 Geonex Aerodat Inc. 37 Geo-Resources Inc. 38 Geo-Resources Inc. 39 Guildline Instruments Ltd. 40 Guildline Instruments Ltd.	vérification sur la glace de mesures fournies par des instruments aéroportés de l'épaisseur totale de la neige et de la glace conseils et expertise relatifs à un système de cartographie océanique basé sur le véhicule semi-submersible DOLPHIN progiciel pour la navigation automatisée du véhicule semi-submersible DOLPHIN conception technique, caractéristiques et données sur la performance pour le système de relevés biologiques Baffish dessins techniques, détails de fabrication et expérience d'essais en mer pour un stoppeur à galets utilisé dans les systèmes de manoeuvre d'appareils océanographiques ( <i>transfert conjoint - voir également #18, #44</i> )
41 Harbour DeLoutre Products 42 Harbour DeLoutre Products 43 Harbour DeLoutre Products 44 Hawbolt Industries (1989) Ltd. 45 Intermarine	expertise en aquiculture sur l'élevage du flétan expertise en aquiculture sur la production de masse d'aiglefin juvénile expertise en aquiculture sur la production de masse de flétan juvénile dessins techniques, détails de fabrication et expérience d'essais en mer pour un stoppeur à galets utilisé dans les systèmes de manoeuvre d'appareils océanographiques ( <i>transfert conjoint - voir également #18, #40</i> ) conception d'une bouteille d'échantillonnage de l'eau pour l'océanographie physique et chimique ( <i>transfert conjoint - voir également le #16</i> )
46 I.S.E. Research Ltd. 47 Jacques, Whitford & Assoc. Ltd. 48 MacLaren-Plansearch/SNC Lavalin 49 MacLaren-Plansearch/SNC Lavalin 50 Maritime Culture Systems	évaluation technique et scientifique en mer du véhicule HYSUB 5000 ROV stratégies pour l'élaboration d'un programme de surveillance des effets biologiques du projet d'exploitation d'hydrocarbures océaniques de Cohasset/Panuke capacité à utiliser un radar à vague standard pour effectuer des mesures de vagues capacité à utiliser l'imagerie de radar à synthèse d'ouverture pour la modélisation opérationnelle des vagues ( <i>transfert conjoint - voir également le #5</i> ) méthodes d'aquiculture pour le frai et l'élevage du bar rayé, y compris la fourniture d'alevins
51 MARTEC 52 New Brunswick Weir Fishermen's Assoc. 53 Ocean Chem Group 54 Ocean Chem Group 55 Oracle Corporation Canada Ltd.	code de modélisation de courants engendrés par le vent expertise en aquiculture sur l'élevage de flétan juvénile dans un réservoir pour harengs modifié technologie analytique pour mesures sur hydrocarbures aromatiques polycycliques par chromatographie liquide à haute performance (HPLC) méthodologie pour analyseur de métaux en traces dans l'eau de mer structures/techniques pour stockage, manipulation et interrogation efficaces de grands ensembles de données (spatio-temporels)
56 Satlantic Inc. 57 Seakem 58 Seastar Instruments 59 Seastar Instruments 60 Seimac Ltd.	caractéristiques, conseils, données sur les applications et les essais relatifs au système d'acquisition continue de données océaniques (CODA) expertise pour produire des cartes de la température de surface océanique à partir d'images satellites conception d'un système sonar multifréquences capacités océanographiques pour bouée météorologique amarrée conception d'une sonde d'étude de la turbulence océanique
61 Seimac Ltd. 62 Seimac Ltd. 63 Seimac Ltd. 64 Shur-gain Feeds 65 SOCOMAR Inc.	caractéristiques, conseils et données d'essai relatifs à des dériveurs lagrangiens caractéristiques, conseils, données d'essai et informations sur les principes de conception relatifs au Système de surveillance de la glace arctique (AIMS) caractéristiques, conseils et données d'essai relatifs au projet de démonstration MSAT (Satellite mobile) spécification de l'alimentation pour poissons et des besoins en traitement pour l'aquiculture intégration d'un barboteur et de capteurs à codeur optique dans le système d'enregistrement du niveau d'eau TMS 1000
66 Software Kinetics 67 Sweeney Fisheries 68 Tavel Ltd. 69 UMA Engineering 70 Universal Systems Ltd.	technologie de base de données à références géologiques, y compris expertise en visualisation critères de contrôle de la qualité de l'alimentation pour poissons d'aquiculture et technologie d'ensilage treuil d'affourchage pour thermographe et instruments pour l'évaluation de sites potentiels pour l'aquiculture protocoles de modélisation des bactéries coliformes fécales logiciel pour traiter des volumes importants de données numériques pour la cartographie sous-marine
71 Xon Digital Communications Ltd.	enregistrement de données de navigation et progiciel d'affichage pour ordinateurs individuels ( <i>d'abord transféré à la société Coldwell Consulting, qui a ultérieurement fusionné avec cette entreprise</i> )

# L'ingénierie dans la science halieutique

H. Jansen



H. Jansen

Le personnel responsable de l'ingénierie joue un rôle crucial dans les activités de la Division des poissons d'eau douce et des espèces anadromes, de la Direction des sciences biologiques. Les grands travaux d'expansion et de transformation qu'il a réalisés dans les cinq stations de pisciculture du saumon de l'Atlantique ont contribué à améliorer la qualité du poisson, ainsi qu'à accroître la productivité et l'efficacité de ces établissements. Les passes migratoires aménagées pour franchir les barrières naturelles et artificielles permettent aux poissons anadromes d'établir des populations autonomes dans des habitats du poisson qui étaient auparavant inaccessibles, et les pièges et les installations de manutention du poisson donnent aux biologistes un moyen d'évaluer les populations de poisson dans de nombreuses rivières de la région de Scotia-Fundy. En outre, les Services d'ingénierie voient à l'élaboration et à la mise en oeuvre de mesures de protection du poisson par les promoteurs d'aménagements d'utilisation de l'eau, comme l'exige la Loi sur les pêches du Canada. Enfin, ils s'occupent de rendre les anciennes passes migratoires conformes aux normes modernes pour améliorer le passage du poisson.

## L'ingénierie et la pisciculture

Au cours des onze dernières années, les stations de pisciculture du saumon de l'Atlantique ont fait l'objet d'importants travaux d'expansion et d'amélioration destinés à accroître leur productivité et leur efficacité. Il s'agit des stations de Mersey,

Coldbrook et Cobequid en Nouvelle-Écosse et de celles de Saint John et de Mactaquac au Nouveau-Brunswick. La production de saumoneaux de l'Atlantique a triplé, pour atteindre actuellement le chiffre annuel de 900 000 poissons. Quant à la production annuelle de tacons, elle est passée de 350 000 à 2 000 000. Cette hausse de la production a permis au Ministère de fournir à la jeune industrie aquicole du Nouveau-Brunswick des saumoneaux pour la production en cages marines, tout en poursuivant son programme d'empeisonnement des rivières pour la pêche sportive et la pêche de subsistance des Autochtones.

Tous les travaux de conception et les dessins, à l'exception de ceux qui touchent à l'électricité, sont réalisés à l'interne. En plus de la gestion normale des travaux, la Section des services d'ingénierie agit la plupart du temps comme principal entrepreneur. Dans de nombreux cas, la main-d'oeuvre nécessaire à l'exécution des travaux est fournie par le ministère du Développement des ressources humaines, dans le cadre de programmes de création d'emplois parrainés par des tierces parties, et même par les Services correctionnels du Canada. Cette main-d'oeuvre est encadrée par le personnel des Services d'ingénierie.

La conception et la construction de l'installation d'élevage accéléré de Mactaquac (Farmer et al., 1989) a été un des grands travaux réalisés par les Services d'ingénierie, au coût de 1,9 million de dollars. Cette installation a été construite en vue d'utiliser l'eau chaude résiduelle produite par la Station hydroélectrique de Mactaquac pour accélérer la production d'oeufs embryonnés et d'alevins vésiculés. Grâce à cette méthode, les jeunes saumons commencent à s'alimenter en avril, soit deux mois plus tôt que dans des conditions normales, ce qui a permis de produire des saumoneaux en un an (au lieu de deux) et de doubler la production de la Station de pisciculture de Mactaquac. L'infrastructure fondamentale qui permettra de doubler à l'avenir la production de tacons a aussi été mise en place.

Les six générateurs de la Station hydroélectrique sont reliés au système d'alimentation en eau de l'écloserie, ce qui accroît la fiabilité de l'approvisionnement et la production de plus grandes quantités d'eau chaude quand la demande augmente au fur et à mesure de la croissance du poisson. L'eau de la rivière servant à refroidir les paliers de butée des turbines et l'air qui circule autour des stators des

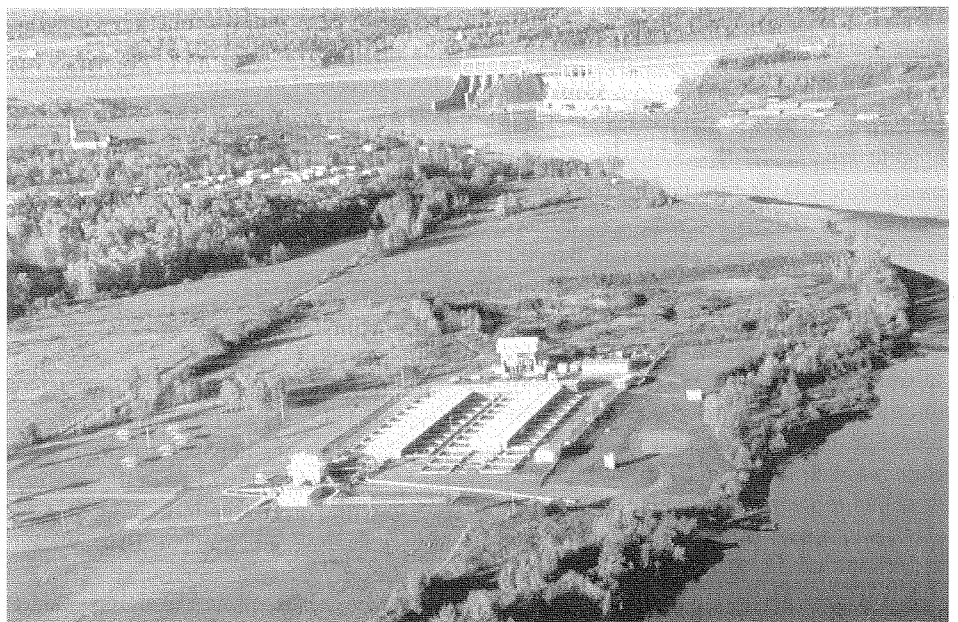


Figure 1: Station de pisciculture de Mactaquac. Au fond, la Station hydroélectrique de Mactaquac et l'installation d'élevage accéléré de Mactaquac.

générateurs sont recueillis par deux grandes conduites et s'écoulent par gravité jusqu'au bâtiment des pompes. L'eau de rivière froide est recueillie de deux tubes d'amenée d'eau aux turbines et descend aussi par gravité au bâtiment des pompes. La température de l'eau est réglée par un robinet à papillon automatique installé sur la conduite d'eau de rivière, actionné par un régulateur de température pneumatique. L'eau mélangée, à la température voulue, est pompée sur 200 mètres jusqu'au bâtiment abritant le réservoir de charge par un certain nombre de pompes à turbines verticales. L'eau passe au travers d'un filtre de sable autonettoyant avant d'aboutir à des aérateurs-dégazeurs de trente colonnes garnies, situés au-dessus d'un réservoir de charge en béton. Le filtrage diminue la concentration de matières en suspension et les colonnes garnies réduisent la pression totale de gaz et les problèmes liés à la supersaturation par les gaz. L'eau chaude traitée s'écoule ensuite par gravité jusqu'au bâtiment d'incubation ou jusqu'à quatre structures ressemblant à des serres (aquadômes). L'eau pénètre dans le premier par des stérilisateurs à rayons ultraviolets et arrive aux incubateurs à courant ascendant qui contiennent des oeufs embryonnés et des alevins véhiculés placés dans des nichoirs de plastique perforés superposés. Au début avril, les saumons sont retirés des incubateurs et transférés à des bassins d'élevage en fibre de verre de 3 m x 3 m, installés dans les aquadômes. L'eau chaude (15°C) et le système d'alimentation automatique permet d'obtenir des tacons de deux grammes chaque année à la mi-juin. Les tacons issus de l'élevage accéléré sont ensuite transférés dans des bassins de béton extérieurs, à la Station de pisciculture de Mactaquac.

### Activités de mise en valeur du saumon

Les stocks de saumon ont diminué en raison d'une perte de la capacité de production des habitats d'eau douce, d'une mortalité naturelle supérieure à la moyenne et de la surexploitation. Selon Watt (1988), la capacité de production du saumon de l'Atlantique dans la région de Scotia-Fundy a diminué de 50 % à cause d'une perte d'habitat. Cette situation est due à l'acidification, au détournement des cours d'eau, à la création d'obstacles, aux activités agricoles et forestières ainsi qu'à



Figure 2: Pièges à poisson à l'extrémité supérieure de la passe migratoire de la rivière Liscomb.

l'aménagement de routes. La production naturelle du saumon de l'Atlantique ne suffit plus aux besoins des pêcheurs commerciaux et sportifs, ni à la pêche de subsistance des Autochtones. C'est pourquoi la pêche commerciale a dû être fermée et les autres formes de pêche du saumon assujetties récemment à d'importantes restrictions sur les saisons et sur les prises.

Une des principales activités de mise en valeur du saumon consiste à larguer des saumoneaux d'élevage dans 30 rivières de la région. Une autre trait à la construction de passes migratoires dans les obstacles naturels et artificiels pour donner aux poissons anadromes accès à des habitats dans lesquels ils ne pouvaient se rendre auparavant. On a généralement recours à la transplantation de saumons adultes ou au largage de juvéniles d'écloserie pour peupler les nouveaux habitats.

Le Ministère possède et exploite, dans l'amont et l'aval des rivières, neuf passes migratoires conçues et construites par le personnel des Services d'ingénierie. Ces installations sont aménagées sur les rivières East, Grand, LaHave, Liscomb, Medway et Sackville, en Nouvelle-Écosse, et sur la Magaguadavic, au Nouveau-Brunswick.

Le Ministère exploite aussi l'installation de piégeage et de tri initial du poisson à la Station hydroélectrique de Mactaquac, sur la rivière Saint-Jean. Cette installation et

la Station de pisciculture de Mactaquac ont été construites pour contrer les effets de l'usine hydroélectrique de Mactaquac. Les gaspareaux sont amenés par camion à une station de déversement située immédiatement en amont du barrage. Quant aux saumons, ils sont transportés à l'installation de tri de la Station de pisciculture de Mactaquac, où ils sont séparés en lots destinés au stock de géniteurs de l'écloserie et en lots qui seront transplantés dans les tronçons amont de la rivière.

Les Services d'ingénierie conçoivent aussi des passes migratoires fonctionnelles pour les propriétaires de barrages ou d'autres obstacles au passage du poisson. Une importante installation de piégeage et de transport du poisson par camion a été récemment construite par un groupe d'intérêt public (Atlantic Salmon for Northern Maine) et par la Maine and New Brunswick Electric Power Company à la Station hydroélectrique de Tinker, sur la rivière Aroostook. Cette rivière offre un excellent potentiel d'élevage de saumon de l'Atlantique, comparable à celui de la Tobique, qui est actuellement la principale frayère et nourricerie de toute la rivière Saint-Jean en amont de Mactaquac.

Une des installations de détournement du poisson que possède le Ministère dans la partie aval de la rivière East, à Sheet Harbour, a initialement été construite à titre expérimental. Elle est dotée d'un

système de guidage à loupes installé dans le canal d'amenée de la Station hydroélectrique des chutes Ruth. Elle s'est avérée efficace à 95 % pour le détournement des poissons de l'entrée des turbines lorsque toutes ces dernières sont en fonctionnement (Ducharme, 1972). Des systèmes comparables sont actuellement intégrés aux plans de plusieurs petites usines hydroélectriques prévues dans la région.

Par ailleurs, on construit aussi à l'heure actuelle une grande passe migratoire à Grand-Sault, sur la rivière Saint-Jean. Des chutes de 21,6 m et, en amont, un barrage de 6,7 m qui fait partie des aménagements hydroélectriques d'Énergie Nouveau-Brunswick y empêchent le passage du saumon. La passe migratoire permettrait au saumon de l'Atlantique de coloniser de vastes parties de l'habitat au Maine, au Québec et au Nouveau-Brunswick. On estime à 13 000 l'augmentation du nombre de saumons et de madeleineaux qui remonteront la rivière grâce à cette installation, soit le double de la production actuelle en amont du barrage de Mactaquac. L'Entente de coopération Canada/

Nouveau-Brunswick sur la pêche récréative a permis d'injecter un million de dollars dans ce projet. Salen Inc., groupe d'intérêt public, a accepté de mener une campagne de financement pour recueillir les 2,5 millions de dollars restants nécessaires à l'aboutissement du projet ainsi que les fonds d'un compte de fiducie qui servira à son exploitation à long terme.

De nombreuses rivières néo-écossaises ont une faible productivité en raison de leur débit estival extrêmement bas. Les études réalisées par les Services d'ingénierie révèlent qu'il est possible d'emmagasiner à moindre coût des réserves d'eau qui pourraient servir à accroître le débit estival. Un projet en ce sens est actuellement en voie d'être élaboré par la Gold River Salmon Association et par la Nova Scotia Salmon Association.

### Évaluation des stocks

La gestion des populations de poissons d'eau douce et de poissons anadromes nécessite des informations précises sur l'importance de la migration annuelle des diverses espèces. Le dénombrement du poisson permet de prendre des décisions

éclairées sur les changements à apporter à la pêche récréative et à la pêche de subsistance des Autochtones pour obtenir l'échappée de reproducteurs nécessaire. En connaissant le nombre réel de ces reproducteurs, il est possible de prédire l'abondance des populations de poisson dans l'avenir. Des installations de piégeage du poisson conçues et construites par les Services d'ingénierie sont actuellement en place à dix-huit endroits, où elles servent à recenser les populations de poisson. Elles nous renseignent aussi sur la réussite des programmes d'implantation de poissons d'écloserie et servent à capter des stocks de géniteurs pour ces dernières.

Les passes migratoires installées aux barrages ou aux chutes d'eau sont idéales pour le recensement des poissons qui migrent vers l'amont, car elles constituent leur seul moyen de franchir ces obstacles. Des pièges à poisson sont intégrés aux passes migratoires aménagées sur les rivières Tusket, Liscomb, LaHave, East, Medway et Grand, en Nouvelle-Écosse, ainsi que sur les rivières Petitcodiac, St. Croix, Tobique, Maguadadic, Aroostook et Saint-Jean, au Nouveau-Brunswick.

Les pièges sont conçus de manière à pouvoir emprisonner et garder le poisson sans occasionner de mortalité ou de blessures parmi ce dernier. Ils doivent aussi être à l'épreuve des braconniers et pouvoir être utilisés par une seule personne. Ils sont habituellement en acier ou en aluminium et sont manipulés au moyen d'un treuil électrique.

Des barrières de dénombrement du poisson doivent être installées pour obtenir des renseignements sur les populations de poisson en l'absence de barrages ou de chutes d'eau munis de passes migratoires. En 1993, de telles barrières étaient en service sur les rivières LaHave, Sackville, Stewiacke et St Mary's, en Nouvelle-Écosse, et sur la Meduxnekeag et la Nashwaak, au Nouveau-Brunswick.

Les barrières de dénombrement du poisson sont conçues comme des barrages perméables installés sur toute la largeur d'une rivière. Ils laissent passer l'eau entre leurs barreaux, espacés de manière à retenir le poisson à dénombrer. Ces barrières sont aménagées de façon à guider le poisson vers un piège. Une passerelle située sur le haut

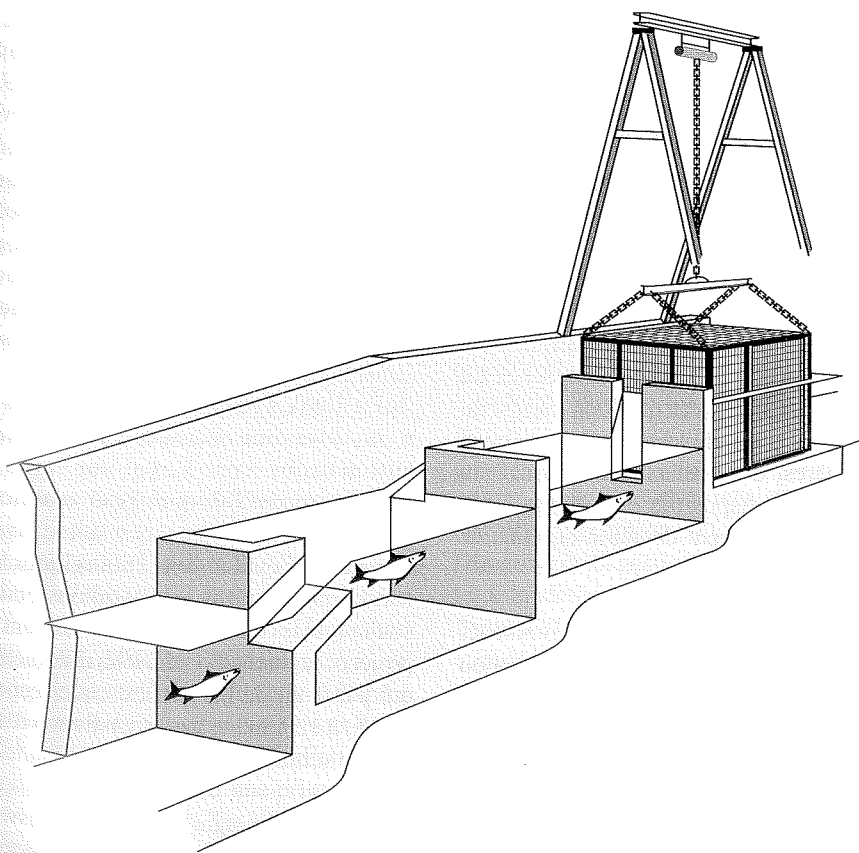


Figure 3: Piège à poisson typique



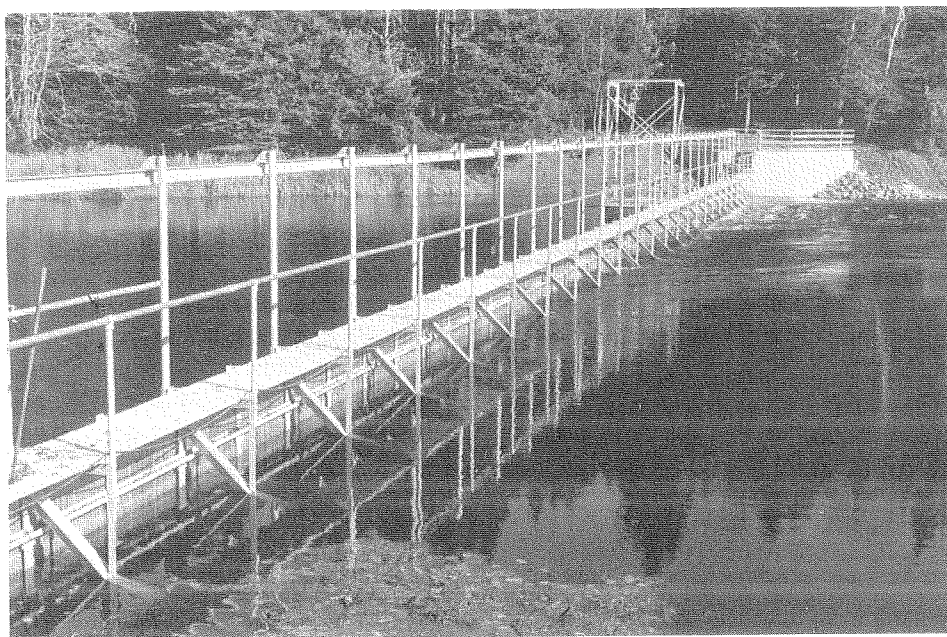


Figure 4: Barrière de dénombrement du poisson de la rivière Stewiacke

permet d'aller entretenir le piège et de retirer les débris de la barrière.

Les techniques de construction des barrières de dénombrement varient considérablement. Celle de Nashwaak est constituée d'un berceau de bois rempli de cailloux et installé dans le fond de la rivière, ainsi que de châssis triangulaires garnis de grilles d'aluminium. La barrière aménagée sur la Stewiacke se compose d'une base en béton et de châssis triangulaires également munis de grilles d'aluminium. Les barrières de dénombrement des rivières LaHave et Meduxnekeag sont d'un modèle amovible comportant des trépieds d'acier et un couloir d'acier percé pour recevoir le conduit électrique qui agit comme barrière à poisson. Quant à l'installation aménagée sur la rivière St Mary's, elle se compose de filets suspendus depuis un câble d'acier.

C'est le MPO qui a financé l'exploitation des barrières des rivières Nashwaak, Meduxnekeag et Stewiacke, dans le cadre de la Stratégie sur les pêches autochtones. Ces barrières ont été installées par des Autochtones, sous la direction des Services d'ingénierie. Ce sont aussi des Autochtones qui en font fonctionner les pièges, sous la direction de biologistes. L'exploitation de la barrière de la Stewiacke est un modèle de collaboration tripartite, faisant appel aux Autochtones, aux pêcheurs sportifs de saumon et au MPO. La Cobequid Salmon Association et la Nova scotia Salmon As-

sociation contribuent au financement et à la gestion de cette barrière.

### Passes migratoires et protection des stocks de poisson

Le Ministère participe au système de délivrance des permis de modification des cours d'eau administré par les ministères de l'Environnement de la Nouvelle-Écosse et du Nouveau-Brunswick. Les projets qui nécessitent l'avis des Services d'ingénierie sont transmis à ce dernier par la Direction de la gestion de l'habitat du MPO. Le personnel des Services d'ingénierie voit à l'élaboration et à la mise en oeuvre de mesures de protection du poisson par les promoteurs d'aménagements d'utilisation de l'eau, comme l'exigent les articles 20, 21, 22 et 30 de la Loi sur les pêches du Canada. Les articles en question traitent du passage du poisson vers l'amont et l'aval des rivières, des obstacles au passage du poisson, des dispositifs de retenue et de l'approvisionnement en eau à des fins de protection des stocks.

Les projets soumis par leurs promoteurs sont examinés et les mesures de protection du poisson illustrées sur les croquis de travail établis par les Services d'ingénierie. Ces croquis révèlent les dimensions et la forme des moyens de protection du poisson intégrés à la proposition du promoteur. Ce dernier est responsable de l'établissement des dessins techniques et des dessins

d'exécution détaillés, qui sont à nouveau soumis à l'examen et à l'approbation du Ministère.

On dénombre 222 passes migratoires et 56 ouvrages de drainage comportant des dispositifs de passage du poisson dans la région de Scotia-Fundy. Le personnel des Services d'ingénierie, les agents des pêches et les coordonnateurs de l'habitat inspectent ces installations pour s'assurer de leur bon fonctionnement. Le Service d'ingénierie conseille les propriétaires sur les besoins d'entretien et sur les modifications à apporter pour faciliter le passage du poisson. Les anciennes passes migratoires sont soit entièrement reconstruites, soit modernisées pour satisfaire aux normes actuelles. Des passes migratoires sont installées en aval des stations hydroélectriques quand cela est techniquement possible et justifié du point de vue de la biologie, et que le propriétaire peut être incité ou obligé d'aménager de telles installations.

Des travaux d'amélioration des passes migratoires sont actuellement entrepris par Énergie Nouveau-Brunswick aux Stations hydroélectriques de Tobique et de Beechwood, sur la rivière Saint-Jean. La passe migratoire de Tobique a été construite en 1953 et celle de Beechwood en 1957. Une évaluation de ces installations a révélé d'importantes lacunes dans le débit d'eau libéré pour attirer le poisson. L'emplacement des entrées du poisson y était bon, mais ces entrées n'étaient pas conçues pour offrir de bonnes conditions dans toute la gamme de niveaux d'eau se présentant durant la migration du poisson.

En 1990, Énergie Nouveau-Brunswick a installé une barrière à ouverture automatique vers l'aval sur la passe migratoire de Tobique, pour améliorer l'entrée du poisson quel que soit le niveau d'eau. Des évaluations biologiques ont révélé que d'autres améliorations étaient souhaitables. On conçoit actuellement un projet d'augmentation du débit d'attraction, qui passerait de 0,71 mètre cube/seconde (m<sup>3</sup>/s) à 1,91 m<sup>3</sup>/s, par l'installation d'une pompe submersible à faible hauteur.

En 1992, Énergie Nouveau-Brunswick a investi 225 000 \$ dans l'amélioration de la passe migratoire de Beechwood. Les



Figure 5: Jim Leadbetter (à gauche), Direction de la gestion de l'habitat, et Vern Conrad, Direction des sciences biologiques pratiquant l'électropêche à la senne dans un ouvrage de drainage à fond naturel.

travaux effectués ont permis de doubler le débit d'attraction, qui est maintenant de 2,4 m<sup>3</sup>/s, et d'installer deux entrées à poisson à déclenchement automatique. Les résultats de l'évaluation biologique de ces travaux sont encourageants. Auparavant, l'efficacité de la passe migratoire était d'environ 40 %. En 1992, elle était passée à 83 %. Ce chiffre est fondé sur le nombre de saumons de l'Atlantique qui franchissent la passe migratoire de Beechwood par rapport au nombre total de saumons largués et présents en aval.

Une autre évaluation de l'efficacité de la migration du poisson est en cours aux deux endroits susmentionnés. Si nécessaire, il est possible d'améliorer encore les dispositifs d'attraction du poisson.

D'autres améliorations seront apportées progressivement aux passes migratoires exploitées par la Georgia Pacific Corporation à Woodland et à Grand-Sault, sur la rivière St. Croix. De nouvelles passes migratoires ont été installées en aval, ou le seront, à ces endroits. Celle de Woodland a été terminée en 1993 et celle de Grand-Sault le sera prochainement. L'installation de Woodland se compose d'une prise en surface située devant une des grilles à débris des turbines. Environ 1,9 m<sup>3</sup>/s d'eau est amené par gravité au-delà d'une barrière

s'ouvrant vers le bas de la rivière pour attirer les saumons et gaspareaux (poissons vides et juvéniles) qui migrent vers l'aval. L'eau passe dans une enceinte d'où 1,2 m<sup>3</sup>/s d'eau est pompé à nouveau dans le bassin d'amont, aux fins de production d'électricité. Le poisson et le 0,7 m<sup>3</sup>/s d'eau restant sont amenés par un conduit de 600 mm jusqu'au point de restitution de la Station hydroélectrique, 61 m plus loin. On s'attend à réduire notablement la mortalité du poisson en fournissant ainsi à ce dernier une route sûre, éloignée des turbines.

L'installation inadéquate des ouvrages de drainage des routes peut nuire considérablement au passage du poisson. Les fonds en tôle ondulée ou en béton peuvent aussi causer une importante perte d'habitat lors de la construction de routes à quatre voies. Les Services d'ingénierie travaillent en étroite collaboration avec la Direction de la gestion de l'habitat et avec les ministères des Transports du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse pour concevoir des ouvrages de drainage qui réduisent ces problèmes. Étant donné que d'importants travaux d'aménagement des routes sont prévus pour les dix prochaines années, il est nécessaire de veiller à la bonne installation d'ouvrages de drainage qui laisseront passer le poisson et perturberont le moins possible l'habitat de ce dernier.

Dans la mesure du possible, on installe des ponts et des ponceaux à socles de béton pour garder intact le fond des cours d'eau naturel. Aux endroits à forte pente et dans les petits bassins hydrographiques, on utilise de gros blocs de béton manufacturés munis de chicanes. Ces dernières varient selon la pente et la longueur de l'ouvrage de drainage, qui est ensuite rempli de matériaux de support et recouvert de rochers à sa partie supérieure. Les chicanes empêchent le gravier de sortir et l'eau de disparaître dans le gravier en période de bas débit. Des expériences d'électropêche à la senne effectuées à l'intérieur de ces ouvrages à fond de gravier révèlent qu'un grand nombre de juvéniles utilisent l'habitat ainsi créé.

De nombreux ouvrages de drainage en tôle ondulée installés il y a longtemps se détériorent, particulièrement sur le fond. Lorsque la couche de matériaux qui recouvre le fond est épaisse, il est soit impossible, soit coûteux, de remplacer l'ouvrage. Aussi a-t-on proposé d'installer du béton projeté sur environ la moitié de la circonférence au fond de ces ouvrages pour les remettre en état. Un bon nombre des ouvrages en question obstruent déjà partiellement le passage du poisson en raison d'une dénivellation excessive à leur extrémité aval et d'une pente abrupte. On a conçu et installé à plusieurs endroits des dispositifs d'aménagement de chicanes à l'intérieur des ouvrages et de fascines en travers du cours d'eau à la sortie de ces derniers. Au fur et à mesure qu'on localisera les ouvrages défectueux et qu'on corrigera la situation, une plus grande proportion de l'habitat sera rendue à nouveau propice à la migration du poisson.

## Références

- DUCHARME, L.J.A., 1972. An Application of louver deflectors for guiding Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts from power turbines. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 29: 1397-1404.
- FARMER, G.J., P.D. HUBLEY, H. JANSEN, J.W. McASKILL and G.B. ROBBINS, 1989. Production of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) at the Mactaquac Accelerated Rearing Facility and Fish Culture station, New Brunswick, Canada, P. 107-118. In: R.L. Saunders [ed.] *Proceedings of Canada - Norway finfish aquaculture workshop*, September 11-14, 1989. *Can. tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1761.

WATT, W.D. 1988. Major causes and implications of Atlantic salmon habitat losses. In: R.H. Stroud [ed.] Proceedings of the symposium on present and future Atlantic salmon management, Portland, ME, October 27-29, 1987. Atlantic Salmon Federation, Ipswich MA and National Coalition for Marine Conservation, Inc. Savannah, GA: 101-111.

## Le registre des colonies d'oiseaux marins du SCF : un système informatisé facilitant l'accès aux données sur les colonies d'oiseaux marins

D. N. Nettleship



D. N. Nettleship

### Résumé

Le système informatisé de gestion des données du Service canadien de la faune (SCF), appelé Registre des colonies d'oiseaux marins (RCOM), permet de gérer les données provenant d'études et de recensements d'oiseaux marins nichant en colonies au Canada. Il devrait aider à assurer une gestion plus efficace des données et une meilleure diffusion de l'information, grâce à de nouvelles technologies de l'information. Ce système pour ordinateurs de bureau comprend une base de données relationnelles constituée d'un fichier maître contenant les données de recensement concernant une même espèce, en un emplacement donné et pour une période donnée, des renseignements sur l'emplacement, le nom des chercheurs, et des extraits de rapports stockés dans d'autres fichiers de la base de données.

*La saisie des données est assurée par une série de programmes écrits dans le langage de programmation propre à dBase IV; le système affiche des écrans de saisie, valide les données, gère les sous-fichiers selon le schéma relationnel et intègre les données à la base. Ces dernières peuvent être extraites, présentées sous forme de rapports et soumises à des analyses statistiques à l'aide de sous-programmes incorporés au SCF ou d'autres programmes comme des logiciels de traitement de texte, des chiffriers ou des programmes pouvant lire des fichiers dBase III. Le système de gestion des données RCOM 5.2 du SCF permettra :*

- 1) d'améliorer l'élaboration de projets et la collecte de données par un biologiste;*
- 2) d'intégrer les données de chaque région au moyen d'un RCOM régional;*
- 3) d'introduire les données régionales dans un registre central (national); et 4) de faciliter la synthèse et l'extraction des données des registres régionaux et central en vue de leur diffusion à des organismes gouvernementaux et privés. Dans l'ensemble, la base de données sur les colonies d'oiseaux marins constituera un outil essentiel à la planification et à la gestion de l'environnement côtier, à la surveillance des populations d'oiseaux marins dans les eaux canadiennes et aux études d'évaluation environnementale.*

### Introduction

Le Programme des oiseaux marins a été mis sur pied en 1971 par le Service canadien de la faune (SCF) pour l'étude

des oiseaux marins dans l'Arctique et dans l'est du Canada (Nettleship 1972a, 1973; voir également ci-dessous). L'une des priorités établies alors était de développer un système informatisé de gestion des données provenant d'études et de recensements d'oiseaux marins nichant en colonies. Le devis préliminaire de ce système a été établi (Nettleship 1972b) et publié (Nettleship 1976). Toutefois, ce n'est qu'en 1986 que le SCF-Atlantique a décidé d'appuyer la réalisation d'un registre régional des colonies d'oiseaux marins, qui devait être entreprise durant l'exercice financier 1987-1988.

Selon les lignes directrices établies en 1986, le RCOM du SCF joue quatre rôles principaux: il permet

- d'identifier, de réunir et d'intégrer les données existantes sur les oiseaux marins nichant au Canada (emplacement des colonies, composition par espèces, niveaux d'abondance, état de la population et succès de la reproduction) à partir de plusieurs fichiers ou bases de données qui ne sont pas facilement accessibles à l'heure actuelle;

- d'établir le devis d'un système informatisé permettant l'extraction

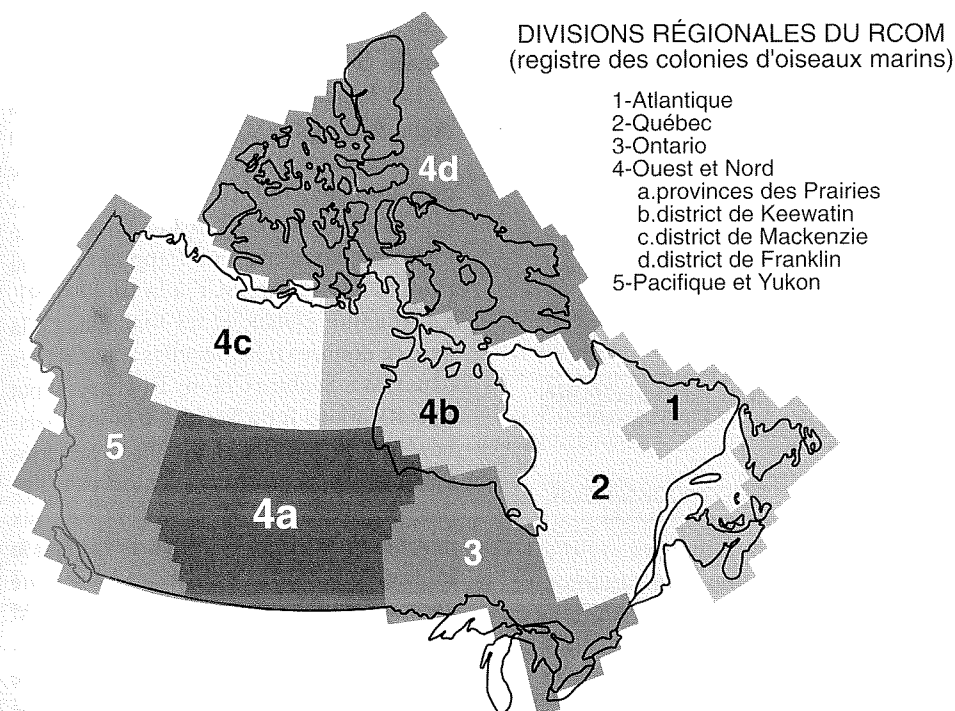


Figure 1. Divisions régionales du RCOM, illustrant les zones relevant de chacun des coordonnateurs régionaux du RCOM : P&Y = Pacifique et Yukon, O&N = Ouest et Nord, ONT = Ontario, AC = Administration centrale, QUÉ = Québec, ATL = Atlantique.

d'informations d'une base de données sur les colonies d'oiseaux marins, afin de réduire le plus possible la redondance et de maximiser l'efficacité de l'accès à l'information sur les plans local, régional et national;

- d'extraire des données sur les oiseaux marins pour répondre à des besoins d'information immédiats et à court terme, aux niveaux régionaux et national, en cas, par exemple, de déversements de produits pétroliers, d'autres éco-urgences, et d'évaluations environnementales; et

- de permettre la planification stratégique à long terme pour répondre aux besoins régionaux et nationaux futurs, y compris l'élaboration d'initiatives de protection et de conservation du milieu marin, de programmes et de plans d'action pour la gestion des côtes, ainsi que des études générales appliquées portant sur l'utilisation des oiseaux marins comme indicateurs de la pollution et des variations des milieux marins.

La surveillance de l'état des oiseaux marins nichant en colonies au Canada et la publication de l'information sur la répartition, l'abondance et le succès de reproduction

des espèces sont primordiaux pour la conservation et la protection des oiseaux de mer au Canada (p. ex. Nettleship 1977, Nettleship et Evans 1985, Evans et Nettleship 1985, Nettleship 1991, Nettleship 1993; Blokpoel et Scharf 1991; Rodway 1991; Duffy et Nettleship 1992). Ce travail est autorisé en vertu de lois et de règlements nationaux et internationaux variés, dont les plus importants sont : la Loi sur la Convention concernant les oiseaux migrateurs (1916, entre le Canada et les États-Unis), la Loi sur la faune du Canada (1973) et l'engagement du Canada en vertu de la Convention des Nations-Unies sur la diversité biologique (1992).

### Le RCOM: portée et conception

Notre objectif ici est d'orienter notre vision d'avenir pour que nous puissions fournir, à l'intérieur et à l'extérieur du SCF, des services de données sur les oiseaux marins liés aux objectifs de travail initiaux. Le but ultime est évidemment d'améliorer la gestion des données et la diffusion de l'information à l'aide des nouvelles technologies de l'information. On pourra y parvenir par l'intégration au SCF des services d'information sur les colonies d'oiseaux marins. Actuellement, nous sommes à l'étape de la ratification et de la

mise en oeuvre du RCOM du SCF, un système intégré de gestion des données qui reliera les régions entre elles et nous permettra de mieux conserver et protéger l'avifaune marine et ses habitats dans toutes les régions du Canada (voir Figure 1 pour les divisions régionales du RCOM, et la Figure 2 pour les fonctions du RCOM et le cheminement de l'information).

Le RCOM compte quatre principales composantes (Figure 2), faisant appel à la fois à des programmes informatiques et à des méthodes manuelles, tant au niveau national que dans les régions :

- 1) l'élaboration de projets et la collecte de données par le biologiste;
- 2) l'intégration des données régionales au moyen d'un RCOM régional;
- 3) l'intégration inter-régionale des données au moyen d'un registre central; et
- 4) la synthèse et la diffusion des données tirées des registres régionaux et central, en vue de leur diffusion à des organismes gouvernementaux et privés.

Le système de gestion des données du RCOM régit la collecte de données de recensement des colonies d'oiseaux marins et la synthèse et la diffusion d'informations utilisées pour les fins aussi bien de la biologie que de la gestion. Les données recueillies par les biologistes d'une région sont uniformisées et fusionnées au niveau régional, constituant ainsi un «noyau d'informations» répondant à des besoins régionaux tant internes qu'externes. La synthèse de l'information au niveau régional assure l'intégration des projets et des résultats individuels, aidant ainsi les biologistes et les gestionnaires à atteindre leurs objectifs régionaux. Elle facilite également l'échange d'informations entre les régions, le cas échéant, de même qu'avec des organismes gouvernementaux ou autres.

Les données des registres régionaux sont ensuite incorporées au registre central et forment une base de données nationale sur les colonies d'oiseaux marins. L'uniformité des données entrées dans chaque région facilite la synthèse inter-régionale de l'information, laquelle peut être utilisée sans délai pour résoudre des problèmes à caractère national et relevant

# REGISTRE DES COLONIES D'OISEAUX MARINS DU SCF

## Cheminement de l'information

### Objectifs

- établir des normes
- permettre la synthèse des données
- assurer une utilisation efficace des données extraites
- servir une vaste clientèle interne et externe

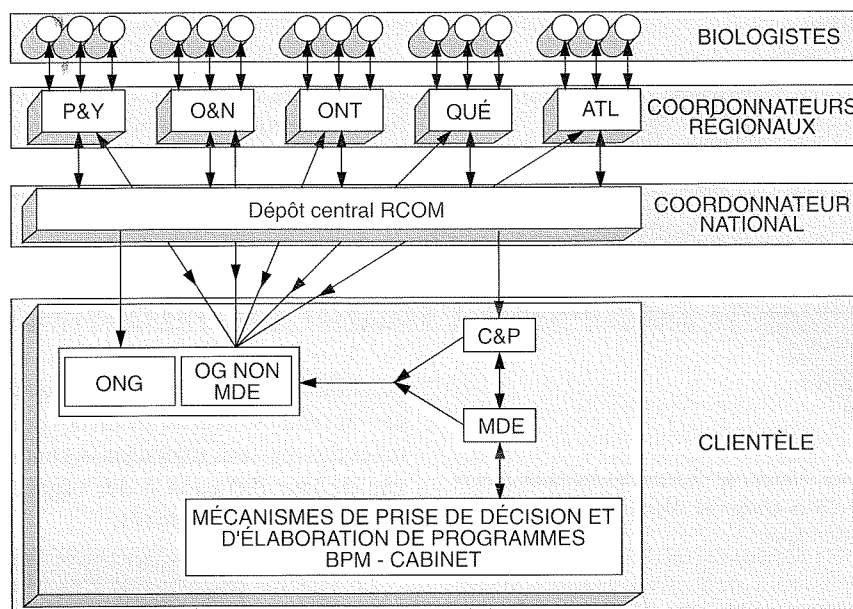


Figure 2. Organigramme illustrant la structure et le fonctionnement du système de gestion de la base de données du registre des colonies d'oiseaux marins. Les flèches indiquent dans quel(s) sens circule l'information entre les principaux points pour fins de synthèse et d'utilisation en gestion, et montrent le retour d'une information enrichie vers les points d'origine (voir l'article pour mieux comprendre). Abréviations : o = utilisateurs et biologistes à l'intérieur et à l'extérieur des régions du SCF. Régions du SCF : P&Y = Pacifique et Yukon, O&N = Ouest et Nord, ONT = Ontario, QUÉ = Québec, ATL = Atlantique. Ministères et services gouvernementaux : MDE = ministère de l'Environnement, C&P = Conservation et Protection (maintenant le Service de conservation de l'environnement), BPM = Bureau du Premier ministre.

d'Environnement Canada, de C&P et du SCF. Les données, étant plus accessibles et plus faciles à extraire, pourront être exploitées plus efficacement par d'autres centres de décision du gouvernement et de l'extérieur.

Les raisons justifiant l'utilisation du système de gestion des données du RCOM sont simples : ce dernier permet d'établir des normes en matière de qualité des données; il facilite la synthèse de l'information; il assure une utilisation efficace des données extraites par les biologistes et les régions; et il permet au SCF et à C&P (sur les plans régional et national) de servir une vaste clientèle de décideurs. L'information passe des particuliers aux régions et au registre cen-

tral, où elle est synthétisée et stockée dans une base de connaissances mise à la disposition de tous. Les biologistes ont ainsi accès à beaucoup plus de données qu'ils n'en fournissent, et les gestionnaires peuvent identifier et évaluer les options de gestion beaucoup plus facilement qu'ils ne le pourraient autrement. Dans l'ensemble, le système de gestion des données du registre des colonies d'oiseaux marins repose sur l'excellence de la qualité de l'information, laquelle dépend de plusieurs facteurs : définition claire des problèmes, élaboration appropriée des projets, bonne collecte de données et efficacité dans l'analyse et l'extraction des données. Le système RCOM d'«accès aux données sur les colonies d'oiseaux marins» satisfait à tous ces critères.

## Devis, programme régional et saisie des données

Le devis du système de gestion des données du RCOM (RCOM version 5.2) est prêt. Les exigences en matière de saisie des données, la structure des réseaux régionaux et national et le calendrier de mise en oeuvre ont reçu l'approbation du Comité exécutif du SCF à la fin de 1991. La structure globale et les fonctions de la base de données relationnelles sont décrites dans CWS Seabird Colony Registry: Input Specifications for a Seabird Colony Database (registre des colonies d'oiseaux marins du SCF : spécifications d'entrée pour une base de données sur les colonies d'oiseaux marins) (Nettleship et Glenn 1992a), et le mode d'emploi du système est présenté dans le guide d'utilisation du RCOM intitulé Using the Seabird Colony Registry - SCR Operation Instructions User's Guide (Nettleship et Glenn 1992b). Le système de gestion de bases de données utilisé était dBase IV, pour la conception de la base de données et de l'écran de saisie, ainsi que pour les fonctions d'accès et la production de rapports. La base de données comprend de l'information détaillée sur : l'emplacement, l'abondance des oiseaux marins (par espèce) et les méthodes de recensement utilisées; les biologistes ayant participé aux études; et les rapports techniques offerts pour toutes les colonies étudiées. Il est également possible d'obtenir de l'information selon l'espèce, l'emplacement de la colonie ou la région géographique. L'information concernant l'une ou l'autre des colonies d'oiseaux marins doit comprendre un minimum de 15 à 21 paramètres de saisie et peut comporter jusqu'à un maximum de 112 éléments, ce qui en fait un système d'une grande souplesse; ce dernier impose des limites à la saisie des données de recensement (Tableau 1 et Nettleship et Glenn 1992a).

Le Tableau 2 présente le calendrier prévu pour la collecte et l'entrée des données concernant les colonies d'oiseaux marins de l'Arctique et de l'est du Canada. Ainsi, la collecte devrait se faire région par région et se terminer avec la publication d'un répertoire géographique pour chacune des cinq régions (p. ex. Nettleship et Glenn 1993), ce qui assure un accès aisé aux données sur les colonies d'oiseaux marins et à certains paramètres démographiques pour des populations

Base de données	Nombre minimal de paramètres	Nombre total de paramètres
Information de recensement (fichier maître)	8 - 12	60
Information sur l'emplacement	7	23
Information personnelle	0 - 1	14
Extraits	0 - 1	15
Total	15 - 21	112

Tableau 1. Base de données du registre des colonies d'oiseaux marins du SCF : paramètres de saisie indiquant les exigences minimales et maximales relatives à la saisie des données pour chaque recensement et/ou étude de colonie, ou les deux.

d'espèces données, p. ex. effectif et état. Une fois terminées, ces bases de données régionales donneront lieu à un important traité d'ornithologie marine pour le nord-est de l'Amérique du Nord : Seabirds in the Northwest Atlantic - Patterns of breeding and levels of abundance (oiseaux marins dans le nord-ouest de l'Atlantique - reproduction et niveaux d'abondance).

Le RCOM du SCF est un système informatique pour ordinateur personnel compatible IBM tournant sous MS-DOS 6.2 et exécutant le logiciel RCOM 5.2 du SCF (sur disquettes 3,5 po. de 1,44 Mo ou 5,25 po. de 1,2 Mo). La configuration recommandée des postes de travail utilisés pour cette application est la suivante : micro-ordinateur 80386DX33 offrant 640 Ko de mémoire vive, dont 450 Ko utilisables pour l'exécution; au moins 10 Mo d'espace disque plus un espace additionnel pour un ensemble de données en extension; moniteur couleur; clavier AT de 101 touches; support auxiliaire (recommandation : cartouche externe de 44 ou de 90 Mo [c.-à-d. support Bernoulli] et alimentation non interruptible); et imprimante LaserJet III de HP. Bien qu'on n'ait besoin d'aucun logiciel autre que le RCOM 5.2 du SCF pour la saisie ou l'extraction normale des données, le système peut générer des fichiers texte ASCII et des fichiers dBase III pour faciliter le transfert de données vers d'autres progiciels, notamment des chiffriers (p. ex. Excel) et des systèmes de traitement de texte (p. ex. Word).

Le système de gestion des données RCOM du SCF devrait grandement intéresser les chercheurs qui désirent

effectuer des analyses spatiales et temporelles sur les oiseaux marins nichant en colonies dans l'Atlantique Nord et ailleurs. Déjà, on a noté un intérêt marqué pour le système RCOM dans plusieurs pays, notamment l'Australie, le Danemark, le Groenland, l'Islande, le Japon, la Nouvelle-Zélande, la Norvège et les États-Unis (régions de l'Atlantique et du Pacifique), ainsi que d'autres pays associés au programme CAFF - Conservation of Arctic Flora and Fauna (pour la conservation de la flore et de la faune arctiques) mis sur pied en 1991 dans le cadre de l'International Arctic Environmental Protection Strategy (stratégie internationale pour la protection de l'environnement dans l'Arctique).

## Distribution du logiciel et mise en oeuvre du programme

Des exemplaires du logiciel de gestion des données RCOM 5.0 du SCF (stockage et extraction des données) ont été remis à toutes les régions du SCF, en octobre 1992. Un atelier et une session de formation à l'intention des coordonnateurs régionaux ont également eu lieu à l'université de Guelph, en avril 1993. Les coordonnateurs régionaux du SCF peuvent maintenant se procurer la plus récente version, RCOM 5.2. En 1994, le logiciel RCOM 5.2 sera offert à certains scientifiques et gestionnaires de ressources des gouvernements, des universités et d'organismes de conservation sans but lucratif. L'objectif est de rendre le système de gestion des données RCOM du SCF pleinement opérationnel le plus tôt possible aux plans national et régional, afin d'offrir un service de traitement des données sur les oiseaux marins. Pour en savoir davantage, communiquez avec D. N. Nettleship, SCF, Institut océanographique de Bedford, C.P. 1006, Dartmouth, Nouvelle-Écosse, Canada B2Y 4A2 (téléphone et télécopieur : (902) 426-3274).

## Remerciements

Le système de gestion des données du registre des colonies d'oiseaux marins est

Zone / Région	Responsabilité et opérations Régions du SCF	Date de début	Date d'achèvement projetée
Labrador	Atlantique	1992	1994
Est de l'Arctique	Ouest & Nord Atlantique et Administration centrale	1994	1995
Centre de l'Arctique	Ouest & Nord, Atlantique	1994	1995
Terre-Neuve	Atlantique	1994	1996
Golfe du St-Laurent	Atlantique et Québec	1994	1996
Plate-forme Scotian Baie de Fundy Golfe du Maine	Atlantique	1995	1996
Grands Lacs	Ontario	1991	1995
Nord-est de l'Amérique du Nord (vue d'ensemble récapitulative et synthèse océanographique)	Administration centrale, Ontario et Québec	1992	1998

Tableau 2. Calendrier de saisie des données dans le registre des colonies d'oiseaux marins du SCF, pour les colonies d'oiseaux marins de l'Arctique et de l'Est du Canada.

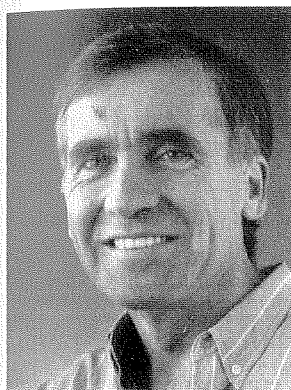
un projet réalisé par C&P et le Service canadien de la faune, région de l'Atlantique, grâce aux travaux des biologistes et des gestionnaires du domaine des oiseaux marins de tout le pays, au SCF et ailleurs. Les fonds ayant permis la conception du système et le développement du logiciel (RCOM, version 5.2) proviennent en grande partie du SCF-Atlantique et du Comprehensive Labrador Cooperation Agreement. Je remercie très sincèrement Gary N. Glenn qui a effectué la programmation du système informatique et donné suite à mes interminables demandes visant la «traduction» de mes concepts en matière de gestion des données sur les oiseaux marins en un logiciel fonctionnel, le RCOM 5.2. Cet article a été rédigé dans le cadre du programme «Studies on northern seabirds», Seabird Research Unit, Service canadien de la faune, Environnement Canada (rapport n° 266).

## Références

- BLOKPOEL, H. & W.C. SCHARF. 1991. Status and conservation of seabirds nesting in the Great Lakes of North America. p. 17-41 In J.P. Croxall [ed.] Seabird status and conservation: a supplement. International Council for Bird Preservation Technical Publication No. 11, Cambridge.
- DUFFY, D.C. & D.N. NETTLESHIP. 1992. Seabirds: management problems and research opportunities. p. 525-546 In D.R. McCullough & R.H. Barrett [ed.] Wildlife 2001: Populations. Elsevier Applied Science, London & New York.
- EVANS, P.G.H. & D.N. NETTLESHIP. 1985. Conservation of the Atlantic Alcidae. p. 427-488 In D.N. Nettleship & T.R. Birkhead, [ed.], The Atlantic Alcidae, Academic Press, London & Orlando.
- NETTLESHIP, D.N. 1972a. Inter-relationships of seabirds and the coastal zone: a summary report on seabird research. p. 131-136. In Proceedings Coastal Zone Seminar, BIO, Dartmouth, N.S., March 1972, Vol. 1. Environment Canada, Ottawa.
- NETTLESHIP, D.N. 1972b. Seabird census techniques - preliminary draft. Canadian Wildlife Service «Studies on northern seabirds» Manuscript Report No. 4: 1-20.
- NETTLESHIP, D.N. 1973. Canadian seabird research. Marine Pollution Bulletin 4: 62-64.
- NETTLESHIP, D.N. 1976. Census techniques for seabirds of arctic and eastern Canada. CWS Occasional Paper No. 25: 1-33.
- NETTLESHIP, D.N. 1977. Seabird resources of eastern Canada: status, problems and prospects. p.96-108 In T. Mosquin & C. Suchal [ed.], Canada's Endangered Species and Habitats. Canadian Nature Federation Special Publication No. 6. Ottawa.
- NETTLESHIP, D.N. 1991. Seabird management and future research. Colonial Waterbirds 14: 77-84.
- NETTLESHIP, D.N. 1993. Seabird Population Monitoring Program: National Issues & Program Priorities 1994-2004. Canadian Wildlife Service «Studies on northern seabirds» Report No. 265, Dartmouth, N.S. 77 p.
- NETTLESHIP, D.N. & P.G.H. EVANS. 1985. Distribution and status of the Atlantic Alcidae. p.53-154 In D.N. Nettleship & T.R. Birkhead, [ed.], The Atlantic Alcidae, Academic Press, London & Orlando.
- NETTLESHIP, D.N. & G.N. GLENN. 1992a. CWS Seabird Colony Registry: Input Specifications for a seabird colony database. Canadian Wildlife Service «Studies on northern seabirds» Report No. 255, Dartmouth, N.S. 77 p.
- NETTLESHIP, D.N. & G.N. GLENN. 1992b. Using the Seabird Colony Registry - SCR operation instructions user's guide (short form). Canadian Wildlife Service «Studies on northern seabirds» Report No. 256, Dartmouth, N.S. 26 p.
- NETTLESHIP, D.N. & G.N. GLENN. 1993. Seabird colonies in Labrador. Canadian Wildlife Service «Studies on northern seabirds» Report No. 254, Dartmouth, N.S. 85 p.
- RODWAY, M. 1991. Status and conservation of breeding seabirds in British Columbia. p. 43-102 In J.P. Croxall [ed.] Seabird status and conservation: a supplement. International Council for Bird Preservation Technical Publication No. 11, Cambridge.

# Mesures de radioactivité dans l'océan arctique

J. N. Smith et K. M. Ellis



J. N. Smith



K. M. Ellis

## Introduction

Des rapports récents (Yablokov, 1993) révélant l'immersion de déchets radioactifs dans la partie russe de l'océan arctique ont soulevé des inquiétudes quant à la quantité de contaminants radioactifs dans l'Arctique et à leurs répercussions possibles sur l'environnement et la santé humaine. Dans l'immédiat, la menace provient des déchets radioactifs liquides déversés dans la mer de Barents, et des déchets radioactifs solides, dont des réacteurs à combustible nucléaire, qui sont immergés dans la mer de Kara (Figure 1). Toutefois, les préoccupations à plus long terme concernent surtout la possibilité de libération continue de contaminants radioactifs dans l'océan arctique, tant par les importantes flottes de sous-marins et de navires nucléaires que par les nombreux réacteurs nucléaires et sites de stockage de déchets radioactifs situés en Russie continentale. Depuis 1979, des chercheurs de la Section radioactivité de la Division de l'océanographie chimique ont effectué des études sur la radioactivité dans l'océan arctique et jouent un rôle actif dans les recherches menées à l'échelle internationale sur la contamination de l'océan arctique par des substances radioactives provenant de sources russes. Le présent article traite de ces travaux récents et des impacts potentiels de la contamination radioactive de sources russes.

## Sources de contamination radioactive

Le premier cas de pollution radioactive d'écosystèmes arctiques date d'entre 1949 et 1951, lorsque 100 PBq (équivalant à  $3 \times 10^6$  curies) de déchets radioactifs ont été immergés dans le Techa (Aarkrog, 1993) qui se jette dans la mer de Kara par le réseau hydrographique de l'Ob (Figure 1). Les régions arctiques ont été contaminées de nouveau entre 1955 et 1962, lorsque 87 essais atmosphériques et 3 essais sous-marins ont été effectués en Nouvelle-Zemble (Figure 1). De 300 à 900 PBq de Sr-90 et de Cs-137 ont été libérés dans l'environnement, dont une partie est retombée dans l'Arctique. Une troisième source de contamination radioactive, plus ponctuelle, est due à l'écrasement sur la glace, en 1968, d'un bombardier B-52 américain au moment de son approche d'une base aérienne militaire, à Thulé (Groenland). L'accident a provoqué la rupture de quatre engins nucléaires et libéré 1 TBq de Pu-239,240 dans le milieu marin environnant. Une quatrième source de ce type de contamination dans l'Arctique est le transport de matières radioactives provenant de l'usine de retraitement de Sellafield, au Royaume-Uni. Le transport d'eau radioactive présentant le marquage caractéristique de Sellafield de la mer d'Irlande vers la mer de Norvège, accru durant les années 1970, a fourni un apport de 10 à 15 PBq au total actuel de Cs-137 dans l'océan arctique. La

plus récente source de contamination radioactive est l'accident de Tchernobyl, en 1986, qui a entraîné dans l'océan arctique des retombées atmosphériques directes de 1 PBq, puis un apport de 5 PBq par le courant côtier de Norvège. Le rapport de Yablokov (1993) ajoute que l'ex-URSS déversait des déchets radioactifs liquides dans une grande partie de la mer de Barents et immergeait des déchets radioactifs solides, notamment des réacteurs nucléaires de sous-marins remplis de combustible épuisé et du combustible nucléaire épuisé du brise-glace *Lénine*, dans les baies et le fossé de la Nouvelle-Zemble. L'activité totale des déchets immergés a été évaluée à 85 PBq. Toutefois, cette radioactivité peut ne pas représenter une source immédiate de contamination marine, puisque les réacteurs ont été remplis de barrière de furfurole, qui devrait retarder le contact des déchets radioactifs avec l'eau de mer pendant plusieurs centaines d'années.

Les mécanismes régissant la contamination des eaux nord-américaines par les radionucléides présents dans l'Arctique russe comprennent notamment : le transport de radionucléides dissous dans les eaux de surface le long de la plate-forme continentale sibérienne; le transport de radionucléides par les eaux de l'Atlantique qui passent par la mer de Barents et circulent dans l'océan arctique à une profondeur de 300 à 500 m; et le transport glaciaire éventuel de particules radioactives provenant des mers bordières russes peu profondes. Les régions arctiques sont particulièrement sensibles à la pollution, car les chaînes alimentaires y sont relativement courtes et susceptibles d'amener rapidement des contaminants à des niveaux trophiques supérieurs. De plus, les organismes y sont soumis à un stress important en raison des conditions de vie défavorables associées aux températures extrêmement basses. Le climat froid influence également sur l'impact des polluants sur les écosystèmes arctiques : les précipitations y sont peu abondantes, ce qui augmente le temps de séjour des contaminants dans l'air



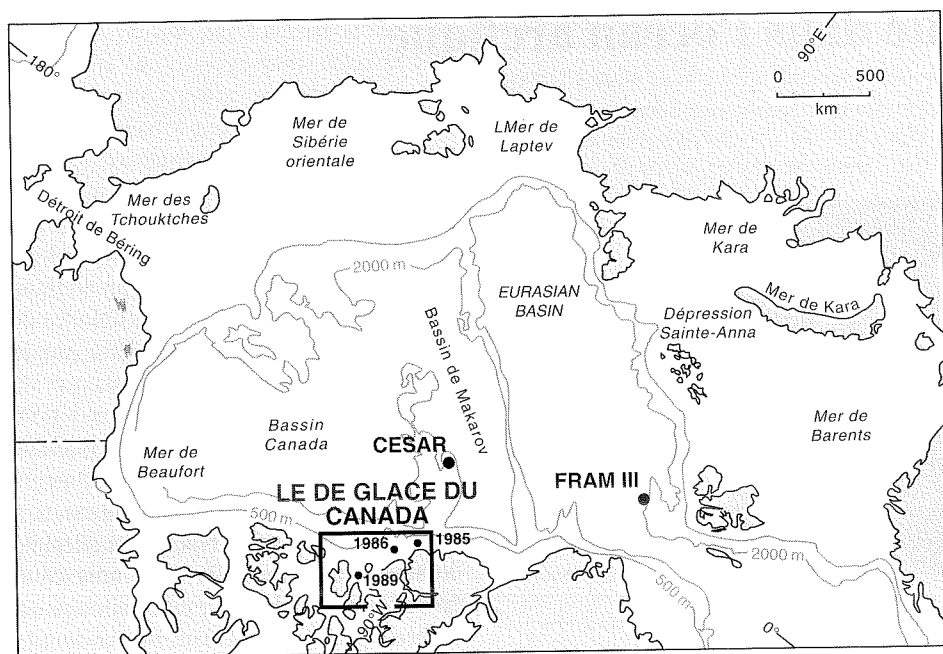


Figure 1 : Mers bordières de la Russie et stations de recherche dans l'océan arctique

et des composés organiques volatils dans le sol et les réservoirs aquatiques. La population humaine de l'Arctique compte environ 1 million d'Autochtones qui, du point de vue de l'environnement, sont une composante importante de l'écosystème : leurs sources de nourriture sont, dans une large mesure, d'origine locale, comme les rennes, les oiseaux, les poissons, les mammifères marins et la végétation arctique. L'exposition des habitants des régions arctiques aux radiations est principalement liée à la chaîne alimentaire terrestre, par des vecteurs comme la voie lichen-renne-homme, parce que les concentrations de radioactivité dans la flore et la faune terrestres sont généralement supérieures d'un ordre de grandeur à celles qu'on retrouve dans de vastes milieux diluants, comme le milieu marin ou aquatique. Toutefois, le caractère exceptionnel d'événements comme l'accident de Tchernobyl et l'immersion de déchets radioactifs dans les fonds marins de l'Arctique russe imposent une évaluation des risques que les radiations posent pour ces populations.

### Études menées par le ministère des Pêches et Océans (P&O) sur la radioactivité dans l'océan arctique

L'intérêt manifesté par P&O pour la radioactivité dans l'Arctique remonte à 1979, lorsque des mesures du Cs-137 provenant de Sellafield ont été effectuées

à la station de recherches FRAM III (Smith et al., 1990), située au nord du détroit du Fram, dans l'océan Arctique (Figure 1). La radioactivité a ensuite été mesurée dans des échantillons d'eau prélevés à la station de recherches CESAR, en 1983, et à l'île de glace du Canada en 1985, en 1986 et en 1989 (Figure 1); ces mesures visaient à établir le cheminement des radionucléides dans l'océan arctique (Moore et Smith, 1986; Ellis et al., 1993; Smith et Ellis, 1994). La distribution du Cs-137 dans la colonne d'eau (Figure 2) à plusieurs de ces

emplacements illustre les échelles temporelles relatives qui régissent le transport de radionucléides dans l'océan arctique. À la station FRAM III, les concentrations élevées de Cs-137 en eau subsuperficielle (Figure 2) représentent le transport de l'eau de l'Atlantique, contaminée par le Cs-137 de Sellafield, à son entrée dans l'océan arctique par le détroit du Fram. L'absence de ces concentrations élevées de Cs-137 à la station CESAR (Figure 2), quatre années plus tard, soit en 1983, indique que l'eau radioactive provenant de l'usine de Sellafield n'était pas encore parvenue dans le centre de l'océan arctique en quantités notables. Tant à la station CESAR qu'à l'île de glace, la présence de Cs-137 s'explique surtout par les retombées atmosphériques d'engins nucléaires. La présence de Cs-137 à une plus grande profondeur à la station CESAR qu'à l'île de glace indique que la ventilation de l'halocline profonde y est plus rapide. Cette observation suggère que l'eau de l'halocline circulant dans l'océan arctique à une profondeur de 200 m a tendance à atteindre le centre de l'Arctique avant la plate-forme continentale canadienne.

L'accident d'engins nucléaires survenu à Thulé revêt une importance particulière pour le Canada et les habitants de ses régions septentrionales, du fait de sa proximité du territoire canadien et du danger que représente le Pu-239, radio-isotope

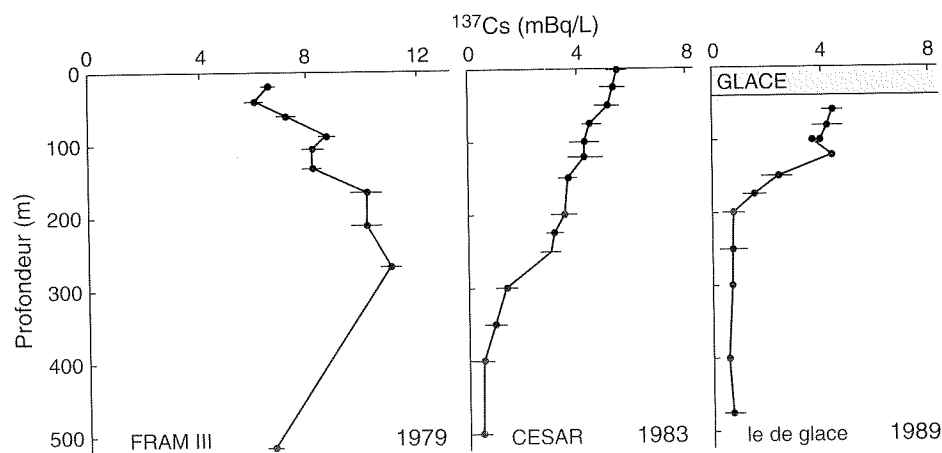


Figure 2 : Les profils du Cs-137 dans la colonne d'eau mesurés aux stations FRAM III (1979), CESAR (1983) et le de glace (1989) illustrent la distribution temporelle du Cs-137 en divers endroits de l'Arctique. L'excès de Cs-137 mesuré à FRAM III est dû au Cs-137 provenant de l'usine de Sellafield, et transporté dans l'océan arctique par les eaux de l'Atlantique. Les niveaux de Cs-137 à 200 m mesurés à la station CESAR sont plus élevés qu'à l'île de glace à la même profondeur parce que le transport des retombées de Cs-137 est plus lent par l'halocline de la plate-forme continentale canadienne que par celle de l'Arctique central.

à période longue ( $T = 24\ 000$  ans). Une étude a été menée conjointement par des Canadiens et des Danois dans les eaux côtières au large de Thulé, en 1984 : des échantillons de sédiment ont été prélevés

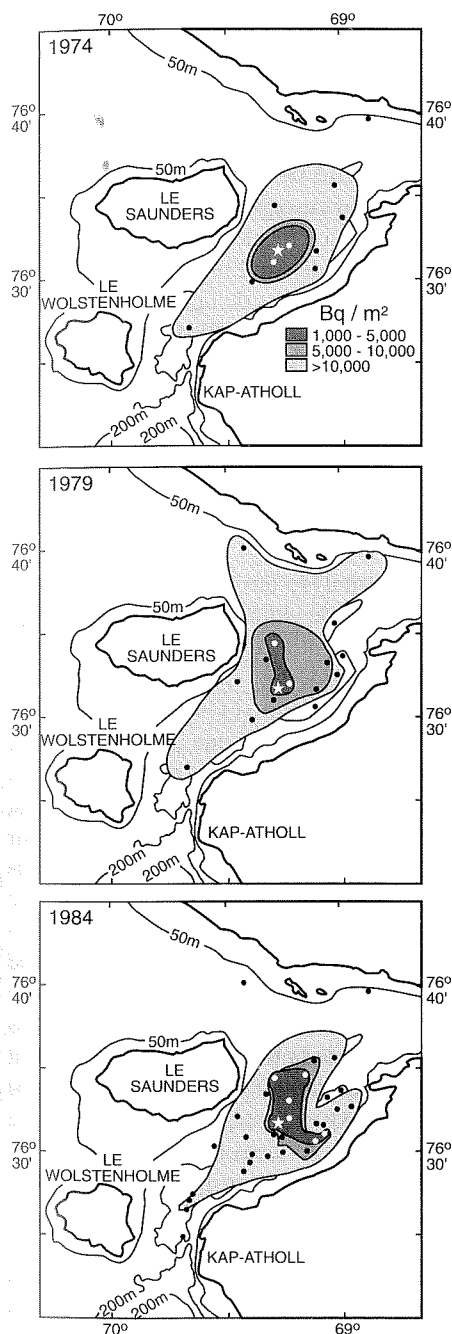


Figure 3 : Mesure de Pu-239,240 dans les carottes de sédiments prélevées (lieux de prélèvement indiqués par des points) autour du lieu d'accident (indiqué par une étoile), durant les expéditions de 1974, de 1979 et de 1984 à Thulé. En 1984, la remise en suspension et le transport des sédiments contaminés hors de la zone de l'accident étaient minimaux, ce qui indique la relative immobilité du plutonium présent dans d'autres déchets radioactifs immergés.

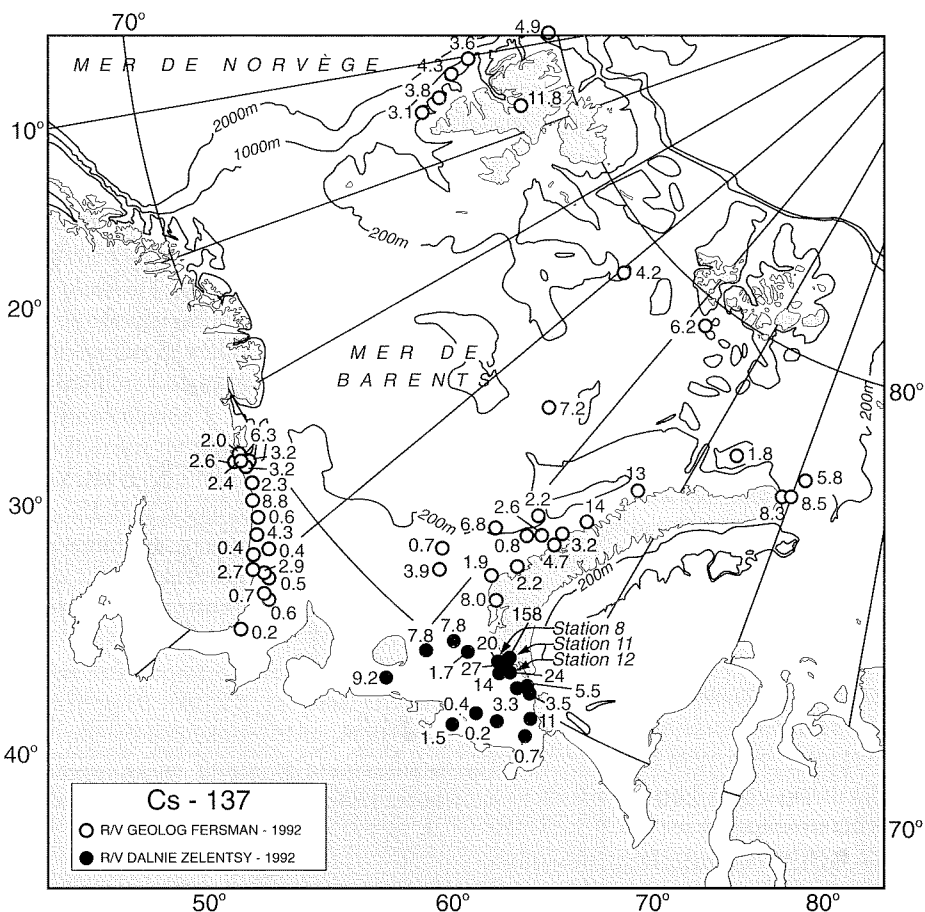


Figure 4 : Activité spécifique (Bq/kg) de Cs-137 dans les sédiments de surface prélevés dans la mer de Barents au cours de deux campagnes effectuées en 1992 à bord des navires russes Geolog Fersman (Okeangeologia, St-Petersbourg) et Dalnie Zelemtsy (Institut de biologie marine de Mourmansk).

en large grille autour du lieu de l'accident, en complément à des travaux menés en 1974 et en 1979 (Aarkrog et al., 1987a; 1987b). La figure 3 montre la distribution spatiale des sédiments contenant du Pu-239,240 prélevés en 1974, en 1979 et en 1984. Il n'y a eu qu'une dispersion limitée du Pu-239,240 depuis 1974 dans les sédiments à grains fins du bassin est et le prolongement nord du fossé. Ces études permettent de conclure que le Pu-239,240 libéré sous forme de particules dans un système marin arctique ne subit qu'une dispersion minimale à partir du point d'origine, et est rapidement enfoui par sédimentation et mélange biologique dans des régimes sédimentaires proximaux (Smith et al., 1994).

La dispersion du plutonium à Thulé depuis 1968 constitue une bonne étude de cas sur l'immersion de déchets radioactifs dans les mers de Barents et de Kara pour

les raisons suivantes : 1) l'accident de Thulé est survenu dans un milieu marin côtier de faible profondeur (de 150 à 300 m), semblable à celui du fossé de Nouvelle-Zemble où ont été rejetés la plupart des déchets radioactifs, et à la même latitude (76° N) que les mers arctiques bordières de la Russie et de la Norvège; 2) le plutonium des engins a été libéré sous forme d'oxyde insoluble, semblable aux matrices caractéristiques des déchets radioactifs; 3) les caractéristiques spatiales et temporelles de la libération de Pu-239,240 à la suite de l'accident de Thulé fournissent un cadre expérimental exceptionnel pour l'étude du transport de Pu-239,240 dans l'environnement. Les résultats de cette étude suggèrent que les sites russes d'immersion de déchets radioactifs ne sont pas susceptibles de devenir des sources importantes de pollution au plutonium dans l'océan arctique.

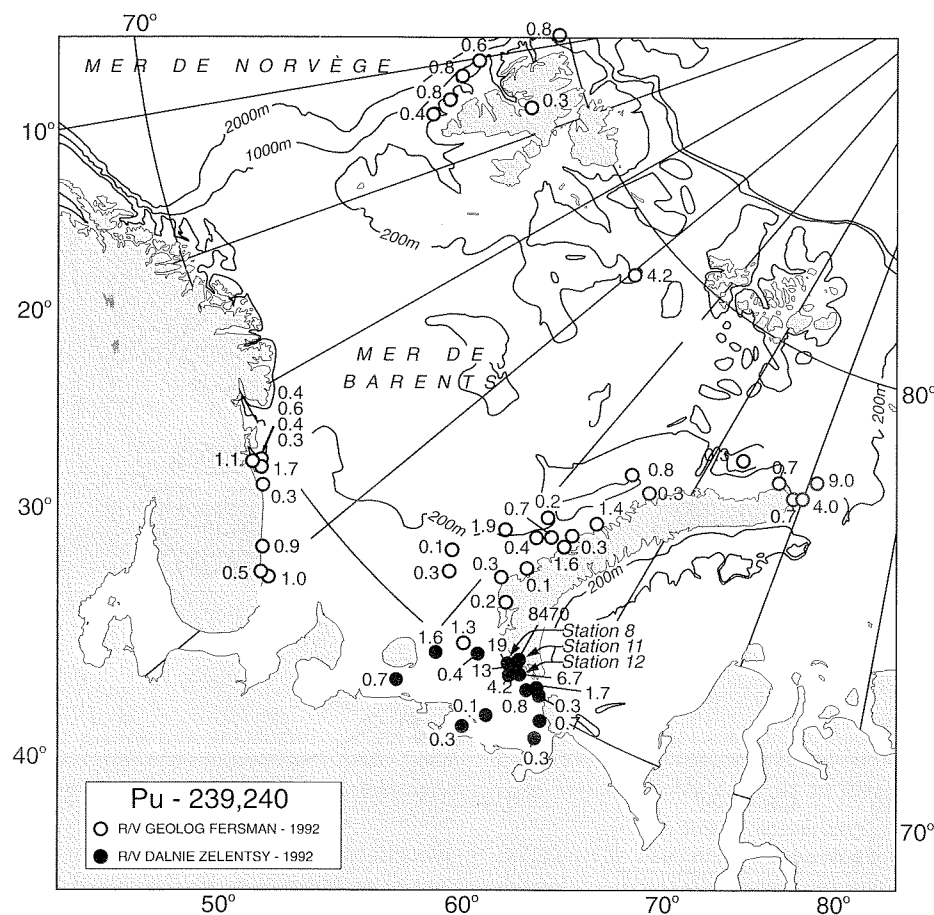


Figure 5 : Activité spécifique (Bq/kg) du Pu-239,240 dans les sédiments de surface prélevés dans la mer de Barents.

## Arctique russe

### Études sur le terrain - 1992

À la suite des rapports indiquant l'immersion de déchets radioactifs dans l'océan arctique russe, plusieurs études ont été entreprises en 1992 pour déterminer les sources de radioactivité des sites de déversement dans la mer de Barents. Ces études sont le résultat d'une collaboration entre des chercheurs russes d'Okeanogeologia de Saint-Pétersbourg et de l'Institut de biologie marine de Mourmansk, et des chercheurs norvégiens de Tromsø et de Grimstad. Les sédiments de surface et les carottes sédimentaires ont été prélevés à un grand nombre de stations de la mer de Barents, à bord des navires russes *Geolog Fersman* et *Dalnie Zelentsy*, durant l'été 1992. Ces échantillons ont été analysés au Canada, à l'Institut océanographique de Bedford (IOB). La distribution de Cs-137 et de Pu-239,240 dans les sédiments de surface est illustrée aux figures 4 et 5 et montre d'importantes variations des concentrations de

radionucléides dans la mer de Barents. Toutefois, ces données reflètent principalement le dépôt des retombées de radionucléides. Les variations observées dans ces distributions peuvent être expliquées en grande partie par la taille des particules, les concentrations les plus élevées de radionucléides étant associées aux régimes sédimentaires à grains plus fins, riches en matières organiques.

Ces données se distinguent par les niveaux élevés de Cs-137 (158 Bq/kg) et, en particulier, de Pu-239,240 (8470 Bq/kg), mesurés dans un échantillon de sédiment de surface prélevé dans le fjord de la baie de Chernaya, sur la côte sud-ouest de la Nouvelle-Zemble (Smith et al., 1994). La baie de Chernaya est un fjord long (10 km) et étroit (1,6 km), où se trouvent bon nombre de sources potentielles de contamination radioactive, et où on a effectué, depuis le début des années 1950, une série d'essais d'engins nucléaires souterrains et atmosphériques. De plus, environ 11 PBq de déchets radioactifs solides d'activité

faible ou moyenne y ont été immergés (Yablokov et al., 1993). Toutefois, la principale source de contamination sédimentaire y serait les retombées directes de trois essais nucléaires sous-marins, atteignant chacun 20 kilotonnes, qui furent réalisés en 1955, en 1957 et en 1961. Les essais nucléaires sous-marins n'ont contribué que dans une très faible mesure (moins de 1 %) aux retombées totales des explosions de fission, mais ils ont la particularité de constituer des sources ponctuelles susceptibles de provoquer une contamination locale importante. Les concentrations de Pu-239,240 et de Cs-137 dans les sédiments de la baie de Chernaya sont semblables à celles des sédiments prélevés à Enewetak, un atoll corallien de l'océan Pacifique où, durant les années 1950, les États-Unis ont effectué de nombreux essais d'armes nucléaires, dont plusieurs explosions sous-marines (Nelson et Noshkin, 1973).

Une analyse aux rayons gamma d'un échantillon de sédiment prélevé à Chernaya Guba a permis de détecter un produit d'activation, le Co-60, de période relativement courte ( $T = 5,26$  ans), ce qui a également soulevé une inquiétude quant à la présence éventuelle de sites de rejet dans cette région. Toutefois, le Co-60 est produit au cours d'essais nucléaires par suite de l'activation par les neutrons du cobalt utilisé dans les composants de l'arme nucléaire ou de ses éléments; sa concentration dans les résidus dépend dans une large mesure de ce terme source. L'activité spécifique du Co-60 mesurée dans les sédiments de la baie de Chernaya (92 Bq/kg) se situe dans la plage des valeurs de 20 à 200 Bq/kg (désintégration corrigée pour 1992) mesurées dans les sédiments de surface et les carottes prélevés à l'atoll Enewetak, en 1972.

On a prélevé des carottes de sédiments afin d'établir l'historique de la pollution radioactive dans la mer de Barents, par l'étude des profils de contaminants dans des carottes datées à l'aide du radionucléide naturel Pb-210. Les profils sédimentaires du Pb-210, du Cs-137 et du Pu-239,240, présentés à la figure 6, sont ceux d'une carotte prélevée dans un bassin océanique situé à 20 km au large du fjord contaminé de Chernaya Guba. Les apports de radioactivité dans les sédiments ont été modélisés à l'aide d'un modèle de

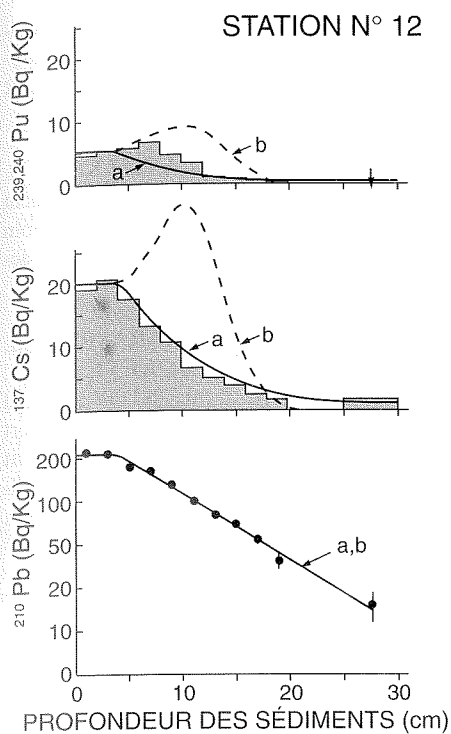


Figure 6 : Profils du Pb-210, du Cs-137 et du Pu-239,240 dans la carotte n° 12, prélevée au large de l'île de Nouvelle-Zemble. La courbe a représente la simulation correspondant uniquement au mélange en profondeur, réalisée à l'aide du modèle de biodispersion à deux couches. La courbe b représente la simulation correspondant à l'absence de mélange en profondeur, réalisée par le même modèle. La similitude entre les profils des traceurs mesurés et la courbe a indique que le transport des radionucléides vers le bas est principalement régi par le mélange des sédiments, ou bioturbation.

biodispersion à deux couches. L'apport de Pb-210 dans les sédiments est présumé constant, et ceux de Cs-137 et de Pu-239,240 sont présumés proportionnels à leurs retombées atmosphériques. Les courbes a et b (Figure 6) représentent les cas extrêmes, dans lesquels l'enfouissement de traceurs radioactifs est régi uniquement par le mélange et par la sédimentation, respectivement. Elles sont presque identiques pour le Pb-210, mais les distributions du Cs-137 et du Pu-239,240 s'approchent davantage des courbes a que des courbes b. Ce résultat indique que la capture de contaminants, radioactifs et autres, par ces sédiments est presque uniquement régie par le mélange, ou bioturbation, processus causé par l'activité des organismes vivant dans les sédiments. Malheureusement, la distorsion des profils de radionucléides due au mélange réduit la

résolution stratigraphique temporelle des épisodes de contamination, et d'autres méthodes doivent être utilisées pour rétablir la chronologie de la pollution dans la région.

### Études sur le terrain - 1993

Les chercheurs de P&O de l'IOB ont pris part à plusieurs expéditions en 1993, dans le but de caractériser les termes sources liés à la libération de radioactivité depuis les mers bordières de la Russie. Lors d'une expédition menée à bord du brise-glace *Henry Larsen* de la Garde côtière, on a prélevé des échantillons d'eau de mer et de sédiments dans la mer de Sibérie orientale. Ces échantillons sont actuellement soumis à des analyses de détection des radionucléides, dont les résultats permettront de mesurer le transport de radioactivité depuis des sources russes et européennes jusqu'à la plate-forme continentale canadienne. Une deuxième expédition visait plutôt le prélèvement d'échantillons dans les estuaires de l'Ob et de l'Enisseï, qui se jettent dans la mer de

Kara. Plusieurs grandes usines de retraitement de l'intérieur de la Russie, dont celles de Chelyabinsk-40 et de Tomsk-7, déversent leurs déchets dans les réseaux hydrographiques de ces deux fleuves. Un chercheur de l'IOB s'est également joint à une équipe russe pour une expédition à bord du RV *Geolog Fersman* dans les mers de Barents et de Kara, en 1993 (Figure 7). Cette expédition avait pour but de repérer les sites d'immersion de déchets radioactifs au fond de la mer de Kara, et de déterminer l'importance de la fuite de radioactivité des contenants de stockage. Le 15 septembre 1993, après une tempête de cinq jours, l'équipe de chercheurs a repéré l'objectif principal : un navire qui avait été sabordé dans le fossé de Nouvelle-Zemble en 1980, chargé de près de 10 TBq de Sr-90 sous forme de déchets radioactifs solides. Des échantillons de sédiments et d'eau ont été prélevés au voisinage du bâtiment, dont la position avait été déterminée avec précision à l'aide d'un sonar à balayage latéral (Figure 7). Les premières mesures de radioactivité effectuées à l'IOB sur ces échantillons ont révélé un niveau relativement faible de radioactivité et peu de preuves de fuite notable de contaminants hors du site.

### Perspectives

Les priorités pour les travaux à venir comprennent la surveillance des sites d'immersion de matières radioactives dans les mers de Barents et de Kara, et des recherches sur les flux de radionucléides dans l'océan arctique provenant des réseaux hydrographiques russes. En 1994, des chercheurs prendront part à l'expédition transarctique à bord du brise-glace de la Garde côtière, le *Louis Saint-Laurent* : des échantillons d'eau de mer et de sédiments seront prélevés sur la plate-forme canadienne et dans le centre de l'Arctique afin de déterminer les mouvements dans l'océan arctique de radionucléides provenant des sources européennes. Tous les chercheurs qui étudient la question de la radioactivité dans l'Arctique s'entendent sur le fait que la pollution radioactive y est significative à l'échelle locale, mais qu'il n'existe encore aucune preuve convaincante d'une contamination à grande échelle du milieu marin arctique par des sources russes.

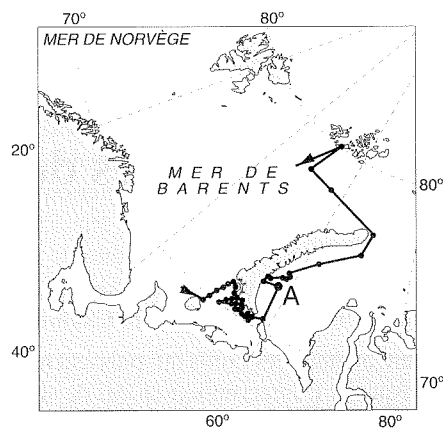


Figure 7 : En haut, itinéraire du *Geolog Fersman*, en 1993. En bas, image obtenue par sonar à balayage latéral du navire utilisé pour le stockage de près de 10 TBq de Sr-90, puis sabordé à l'emplacement A dans le fossé de Nouvelle-Zemble.

## Références

- AARKROG, A., S. BOELSKIFTE, H. DAHLGAARD, S. DUNIEC, E. HOLM and J.N. SMITH. 1987a. Studies of transuranics in the Arctic marine environment. *J. Radioanaly. Nucl. Chem.*, 115: 39-50.
- AARKROG, A., S. BOELSKIFTE, H. DAHLGAARD, S. DUNIEC, L. HALLSTADIUS, E. HOLM and J.N. SMITH. 1987b. Technetium-99 and cesium-134 as long distance tracers in Arctic waters. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 24: 637-647.
- AARKROG, A. 1993. Radioactivity in Polar regions. International Conference on Environmental Radioactivity in the Arctic, Kirkenes, Norvège, 23-27 août 1993.
- ELLIS, K.M., J.N. SMITH and R.W. NELSON. 1993. Radionuclide measurements from the Canadian Ice Island. *Proc. Int. Conf. Environ. Radioact. Arctic, Kirkenes, Norvège*, 23-27 août 1993.
- MOORE, R.M. and J.N. SMITH. 1986. Disequilibria between Ra-226, Pb-210 and Po-210 in the Arctic Ocean and the implications for chemical modification of the Pacific water inflow. *Earth and Planetary Science Letters*, 77: 285-292.
- NELSON, V. and V.E. NOSHKIN. 1973. Enewetak Survey Report. USAEC Nevada Operations Office, Las Vegas, Nevada, NVO-140: 131-224.
- SMITH, J.N., K.M. ELLIS and E.P. JONES. 1990. Cesium-137 transport into the Arctic Ocean through Fram Strait. *Journal of Geophysical Research*, 95 (C2): 1693-1701.
- SMITH, J.N., K.M. ELLIS, D. MATISHOV, G. IVANOV, L. POLYAK, S. DAHLE and K. NAES. 1993. Levels of radioactivity in Barents Sea sediments off Novaya Zemlya. International Conference on Environmental Radioactivity in the Arctic and Antarctic, Kirkenes, Norvège, 23-27 août 1993.
- SMITH, J.N. and K.M. ELLIS. 1994. Ventilation rates for the Arctic Ocean halocline determined from Cs-137 tracer profiles at the CESAR Ice Station, Deep-Sea Research, présenté.
- SMITH, J.N., K.M. ELLIS, A. AARKROG, H. DAHLGAARD and E. HOLM. 1994. Sediment mixing and burial of the Pu-239,240 pulse from the 1968 Thule, Greenland nuclear weapons accident. *J. Environ. Rad.*, présenté.
- YABLOKOV, A.V., V.K. KARASEV, V.M. RUMYANTSEV, M. KOKEYEV, O.I. PETROV, V.N. LUSTOV and A.F. YEMELIANENKOV. (1993). Rapport d'état de la Fédération russe concernant l'immersion en mer de déchets radioactifs. Administration du Président de la fédération russe, Moscou, Russie, 108 pages.

---

# Le système de cartographie des habitats vulnérables: comment rapprocher les scientifiques des gestionnaires.

P.R. Boudreau



*P.R. Boudreau*

## Introduction

Le Comité d'examen public des systèmes de sécurité des navires-citernes et de la capacité d'intervention en cas de déversements en milieu marin (Brander-Smith, 1990) a souligné la nécessité de

mettre au point les outils qui puissent aider les équipes d'intervention en cas de situations d'urgence. L'un de ces outils est constitué par des cartes des habitats vulnérables établies à partir de bases de données électroniques géocodées. En réaction au rapport Brander-Smith, le gouvernement fédéral a créé le Programme national de cartographie des zones vulnérables sous la direction d'Environnement Canada (MDE). Dans le cadre de ce programme national, le ministère des Pêches et des Océans (MPO) a financé, par l'intermédiaire de sa Région Scotia-Fundy, des travaux de cartographie des habitats vulnérables, nécessaires pour les interventions en cas de marée noire. Ces travaux ont été répartis en cinq grandes tâches : 1) organiser un atelier rassemblant des scientifiques et des gestionnaires pour examiner les données disponibles, identi-

fier les séries de données supplémentaires nécessaires pour combler les lacunes et choisir les variables de l'habitat servant à mesurer sa vulnérabilité; 2) établir la liste des données existant sur l'habitat, tant sous forme numérique que sur papier, qui pourraient être intégrées aux cartes de la vulnérabilité; 3) élaborer des protocoles de conversion et ouvrir l'accès aux données existant sur l'habitat sous forme de réseau de données réparties; 4) établir une documentation complète sur les ensembles de données électroniques et les cartes de vulnérabilité des habitats; 5) si le calendrier le permet, commencer la modélisation des mesures de la vulnérabilité de l'habitat dans des zones données du littoral.

Dans la voie ainsi tracée, le projet de Scotia-Fundy, intitulé Système de cartographie des habitats vulnérables

(SCHV) s'est fixé comme tâche principale de fournir aux gestionnaires l'accès à l'information scientifique existante. Depuis ses débuts, cette initiative se fonde sur la collaboration entre le secteur de la Gestion et celui des Sciences dans la Région. Pour officialiser cette collaboration, on a établi un comité technique qui comprend des représentants des Sciences : Paul Boudreau, de la Direction des sciences biologiques, Bob Rutherford, de la Direction de la gestion de l'habitat, et Gary Turner, du Bureau de coordination de l'aquaculture. Ce comité a assuré, outre la supervision des travaux donnés à contrat à des entreprises privées de la région, un soutien direct au projet en allant chercher d'autres sources de données au sein du Ministère. Le comité technique se maintient aussi en communication étroite avec le Programme national, basé au MDE à Dartmouth, ainsi qu'avec les autres initiatives régionales en matière de géomatique et de cartographie de la vulnérabilité des habitats.

### Tâche 1

L'ampleur des ressources à protéger en cas de marée noire et la variété des responsabilités qui reviennent au MPO dans ce cas constituent un grand défi en matière de diffusion de l'information sur les habitats. Le MPO est responsable des milieux marins, côtiers et dulcicoles. La diversité des responsabilités fait qu'un grand nombre de chercheurs et de gestionnaires sont chargés de réunir les données pertinentes. Outre l'information gérée directement par le MPO, il existe un grand nombre de données que le Ministère doit demander ou communiquer à d'autres organismes comme le ministère fédéral de l'Environnement et plusieurs ministères provinciaux en Nouvelle-Écosse et au Nouveau-Brunswick. Lorsqu'on veut se préparer ou intervenir en cas de marée noire, il est indispensable d'avoir un système qui peut donner accès facilement à cet ensemble vaste et complexe d'utilisateurs des données.

La première tâche du projet SCHV abordait ce problème de la diversité par la consultation d'experts en gestion des données et de l'information et de gestionnaires des ressources. Un atelier tenu en février 1992 a donné l'occasion à ses participants de discuter et de formuler une orientation pour le projet (voir Anon.,

1992). L'une des premières décisions devait être de déterminer une zone cible. Étant donné le financement limité du projet, il fallait choisir une zone prioritaire. Vu la proximité de la route des navires-citernes, l'existence d'un littoral fragile et la disponibilité des données, on a choisi une zone située sur la côte ouest de la baie de Fundy, entre Saint-Jean et la pointe Lepreau, dans la province du Nouveau-Brunswick (voir la figure 1). Cette zone devait être le noyau du projet, mais on a convenu que, selon les disponibilités, on utiliserait des données provenant d'autres zones:

Une bonne partie du débat a tourné autour de la structure à donner au système. On a décidé que le système serait basé sur la technologie PC, serait très portatif, c'est-à-dire utiliserait autant que possible les réseaux électroniques, mais permettrait de garder une bonne partie des données sur un ordinateur portatif autonome. Selon l'expérience recueillie par la Direction de la gestion de l'habitat du MPO grâce aux équipes régionales des interventions d'urgence dans des cas de marées noires, il est impossible de s'assurer que les lignes téléphoniques nécessaires pour avoir accès au réseau sont d'une qualité suffisante pour le transfert des données. Autre élément important apparu lors de la réunion, la nécessité de construire un système de base de données réparties ou fédérées qui donnerait accès aux données en un certain nombre d'endroits, plutôt que d'essayer de

toutes les rassembler en un point central. Cette nécessité est née du fait que l'information nécessaire pour définir correctement des habitats vulnérables est détenue par un certain nombre d'organismes, et il n'est donc pas possible de maintenir en un seul endroit une base de données aussi complexe.

Il est aussi apparu que de nombreuses autres initiatives, tant publiques que privées, faisaient déjà appel au matériel et au logiciel nécessaires à la conversion et à l'affichage des données et au réseautage. On a donc décidé que le projet devrait tirer profit des nouveautés en matière de logiciel et s'attacher « à identifier les sources des données existantes et « à préciser leur localisation, leur présentation, le nom du gestionnaire responsable, etc. En mettant l'accent sur la gestion de la base de données, le système devrait être en mesure de mettre à jour facilement l'information au moment de la marée noire.

### Tâches 2 4

Les activités des tâches 2, 3 et 4 du projet, qui concernent l'énumération et la documentation des données, ont été lancées lors de l'atelier et se sont poursuivies depuis. Les données existent sous de nombreuses présentations différentes : papier, fichiers ASCII, cartes électroniques et fichiers dBase, tout cela nécessitant une certaine structuration. Le but étant de construire les liens nécessaires avec des bases de données établies qui étaient

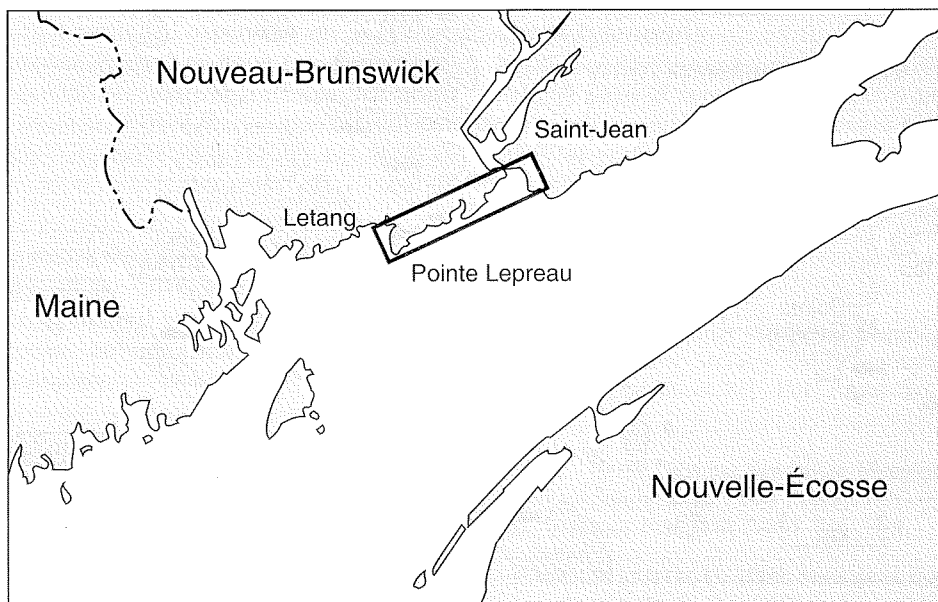


Figure 1 : région allant de Saint-Jean à Lepreau, au Nouveau-Brunswick

régulièrement tenues à jour, et souvent en format dBase, c'est cette présentation générique qui a été retenue pour constituer la colonne vertébrale du nouveau système. On a choisi un système bas de gamme d'information géographique et de gestion de l'information, conçu pour le bureau, appelé Infocus/Quikmap, parce qu'il manipule facilement les données dBase en mode points et en mode vectoriel. On a établi que ce système donnerait de très bons résultats comme plate-forme de démarrage, mais pourrait être remplacé par des modèles de matériel et de logiciel nouveaux et plus puissants. L'emploi du format générique dBase pour la compilation des données permet l'accès par des logiciels très divers, en profitant des applications de traduction existantes.

Le meilleur exemple d'une base de données maintenue de façon indépendante en format dBase, pouvant devenir accessible par le système, est celle qui a été conçue par le Bureau de coordination de l'aquaculture du MPO pour suivre le traitement des permis concernant les concessions aquacoles. Bien que cette base de données ait été créée au départ pour aider les gestionnaires à suivre les demandes de permis tout au long du processus d'examen par les divers ministères fédéraux et provinciaux, elle contient de l'information sur la localisation de chaque site, information utile pour la représentation géographique (voir la figure 2). Il est intéressant de noter que cette importante

base de données couvre la zone beaucoup plus grande que constitue la Région Scotia-Fundy.

Cette base de données est typique de certaines des bases de données de bon niveau que nécessite le système. Elle existe déjà en format dBase, avec de l'information précise de positionnement et une quantité considérable de données complémentaires sur les espèces, ainsi que les numéros de téléphone des personnes à contacter en cas de déversement d'hydrocarbures. La base de données est mise à jour à un rythme quotidien ou hebdomadaire par le gestionnaire responsable, et elle réside sur le réseau local de la Région Scotia-Fundy. Toutefois, mêmes à ce niveau de structuration, il fallait au départ plusieurs heures de travail pour obtenir un affichage des données qui soit utile. Il fallait notamment ajouter certains champs manquants et générer des codes d'affichage pour les dossiers selon l'état de la demande (approuvée, rejetée, retirée, etc.). Pour faciliter ce travail, on a récemment rédigé un logiciel qui va automatiser le procédé avec un minimum d'intervention de l'opérateur.

Une deuxième base de données électronique peut être accessible par le système; il s'agit des cartes topographiques préparées par le Service du cadastre et de l'information foncière (SCIF) de Nouvelle-Écosse. Nous avons la chance de posséder pour une bonne partie du Canada atlantique

d'excellentes données numériques présentées sous forme de fonds de cartes au 1:10 000. Cette source fournit des produits d'information parmi lesquels des données de base comme le trait de côte, les routes, les voies d'eau, etc. Il existe aussi des données numériques comparables pour certaines des zones côtières et hauturières, préparées par le Service hydrographique du Canada (SHC) sous forme de cartes de navigation numériques. Les cartes numériques (il en existe une pour le port de Saint-Jean) fournissent toutes les données que l'on trouve habituellement sur une carte marine, mais cela sous une forme plus facile à utiliser. Les diverses cartes numériques tant du SCIF que du SHC sont disponibles sous une forme qui demande un effort minimal de conversion pour les exploiter dans le système. Ces deux précieuses sources d'information ont fourni la matière du fond de carte à partir duquel on peut utilement afficher et interroger les données sur les ressources et l'habitat.

Bien que le développement du système ait été axé sur les données existant déjà sous forme électronique, on a jugé que plusieurs sources d'information présentées sur papier étaient assez importantes pour être numérisées dans le format du système électronique Infocus/Quikmap. Par exemple, parmi ces sources imprimées prioritaires, on a retenu les données sur la géomorphologie du littoral pour la zone choisie, de Saint-Jean à la pointe Lepreau, qui se trouvaient dans un atlas publié (Hunter, 1978). Un groupe d'entreprises locales a collaboré à cette tâche. Les cartes géomorphologiques numériques ainsi obtenues sont extrêmement exactes et ont le degré de détail nécessaire pour permettre de répondre à la plupart des questions de gestion; toutefois, étant donné le coût de la numérisation et l'absence de données comparables pour d'autres zones, on n'arrivera pas à constituer une couverture uniforme pour l'ensemble de la Région Scotia-Fundy.

Une autre source imprimée intéressante pour le projet a été élaborée grâce à l'aide des agents des pêches. Dans toute la région, le MPO emploie des agents des pêches dont les tâches sont multiples : application des règlements, relations publiques et communication avec l'ensemble des pêcheurs. Pendant la préparation du système, il est

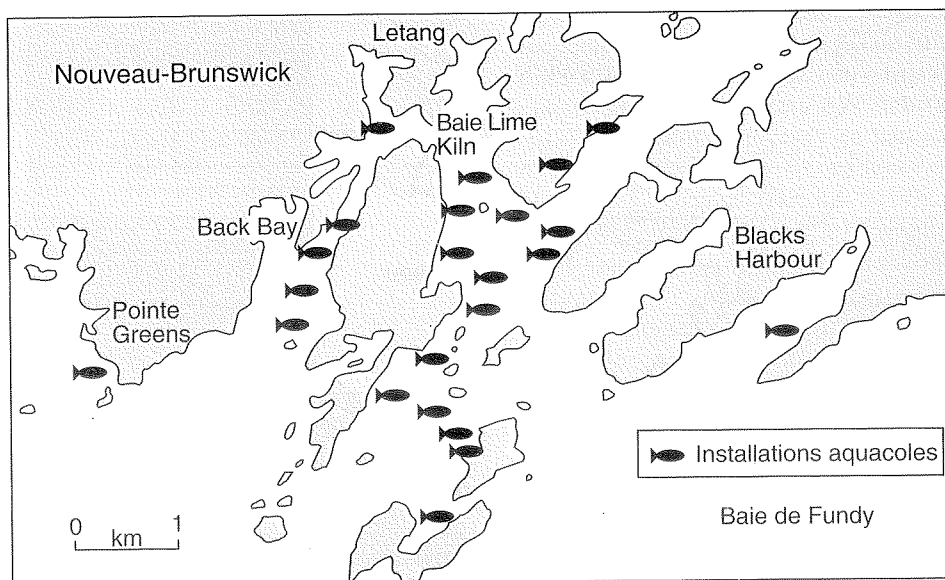


Figure 2 : Localisation des installations aquacoles dans la région de Letang, sud du Nouveau-Brunswick.

apparu à l'évidence que ces agents des pêches représentaient une source d'information d'une grande richesse. L'agent de la zone de Saint-Jean a pu fournir de l'information sur les ressources biologiques, notamment sur les nourriceries de homards et de pétoncles, et sur les échoueries de phoques. Toute aussi importante, du point de vue de l'intervention en cas de marée noire, était l'information sur les activités de pêche comme les zones de cueillette des plantes marines, les lieux de pêche par espèces et par types d'engins, les saisons de pêche et les points de débarquement. Toutes ces données diverses devaient être numérisées pour qu'on puisse les obtenir sous forme électronique.

### Évolution actuelle et future

Les progrès réalisés jusqu'à maintenant ont permis de mettre sur pied un système qui donne une excellente couverture pour une petite zone prioritaire ainsi que de l'information un peu plus générale sur la côte atlantique. Avec sa logistique actuelle, le système donne accès à une soixantaine de bases de données couvrant des sujets comme la biologie, la géomorphologie, les pêches commerciales, le matériel de dépollution, etc. Le système a été utilisé avec succès lors d'un exercice international d'intervention après une marée noire, l'opération CANUSLANT, qui a eu lieu dans la région de la baie de Fundy et du golfe du Maine à l'automne 1992, et qui visait à évaluer les risques pour les ressources du littoral.

Depuis le lancement du projet, l'intérêt de l'appartenance à une communauté d'utilisateurs de données est devenu évident. Un examen du projet, ainsi que d'autres initiatives complémentaires menées dans la région, a révélé des secteurs importants dans lesquels la coordination des projets serait bénéfique pour le SCHV (Anon., 1993a). Les données rassemblées pour ce projet sont utiles pour un groupe d'utilisateurs qui dépasse de beaucoup les équipes de dépollution après une marée noire. De façon comparable, le SCHV profite de l'accès à des données compilées par d'autres organismes. Par exemple, suite aux demandes du SCHV, du Programme national de cartographie des zones vulnérables et d'autres projets fédéraux réalisés dans le cadre du Plan vert du

Canada, des organismes locaux de cartographie, le SHC, le SCIF et la Société d'information géographique du Nouveau-Brunswick travaillent actuellement à coordonner la production d'une base de données côtières pour le Canada atlantique. Ce projet permettra d'accéder à des bases de données numérisées "officialisées" sur le trait de côte, la bathymétrie, la morphologie superficielle, etc. Cette tâche nécessite la participation et la collaboration de plusieurs organismes qui doivent comparer leurs données et éliminer les différences dans la collecte et la manipulation, de façon à permettre un accès uniforme à l'information de base commune. Cette initiative sera précieuse pour tous les organismes intéressés par les activités menées dans la zone côtière.

Un des résultats importants du SCHV est la réussite du lancement d'un grand projet dans le cadre du Plan vert. Une partie de ce programme national s'intitule Inventaire et Surveillance. À l'été 1993, la direction de la gestion de l'habitat de Scotia-Fundy a lancé son Plan d'action pour l'habitat (PAH). L'objectif en est de donner aux gestionnaires accès à l'information nécessaire pour évaluer de façon rationnelle les modifications proposées aux habitats aquatiques. Le recours à la technologie informatique devrait permettre à ces gestionnaires d'avoir accès plus rapidement à des données de meilleure qualité, de façon à pouvoir s'attaquer dans de meilleures conditions aux problèmes potentiels et à offrir de meilleures recommandations. Tirant profit de l'expérience du SCHV, ce nouveau projet a pu poser les jalons d'une base d'information uniformisée pour l'ensemble de la région et couvrant les habitats marins, côtiers et dulcicoles. L'information rassemblée dans le cadre du projet PAH sera harmonisée avec celle qui se trouve déjà dans le SCHV, de sorte que les deux projets contribueront à l'élaboration d'un seul système qui donnera accès au maximum d'information pertinente.

Pour le moment, le Système de cartographie des habitats vulnérables n'a donné que des satisfactions à toutes les personnes intéressées de la Région Scotia-Fundy du MPO. La Direction des sciences biologiques a pu transmettre une partie de son information à la Direction de la gestion

de l'habitat, tout en profitant de la richesse des données compilées par cette dernière. La Direction de la gestion de l'habitat a pu tirer profit des travaux de développement réalisés par la Direction des sciences biologiques. Le Bureau de coordination de l'aquaculture a pu obtenir de l'aide pour répondre à ses besoins en information tout en fournissant des données utiles aux autres directions. De plus, le Service hydrographique du Canada a pu commencer à mettre en oeuvre ses plans de contribution à la base de données côtières qui servira de nombreux objectifs du MPO.

Il reste encore beaucoup à faire pour élargir la zone couverte et dépasser les régions prioritaires fixées au départ. L'un des grands défis sera de mettre l'énorme volume d'information existant à la disposition d'un public plus vaste tant au sein du MPO que dans des organismes extérieurs. Si une bonne partie des pièces nécessaires pour réussir à mettre le système entre les mains de chacun des gestionnaires et scientifiques existent déjà, il y a encore beaucoup à faire pour les réunir sous une forme utilisable. Les données existantes, les logiciels appropriés et un réseau électronique fiable doivent se combiner pour donner un produit facile à utiliser et à tenir à jour. On peut envisager qu'à mesure de son élargissement à d'autres participants, le système répondra de mieux en mieux aux besoins en information du MPO en matière de lutte contre les marées noires et pour d'autres décisions de gestion.

### Remerciements

J'aimerais remercier toutes les personnes qui ont participé au projet jusqu'à maintenant ou y ont apporté leur contribution. Il s'agit aussi bien des fournisseurs qui ont mis des données à notre disposition que des utilisateurs qui ont formulé leurs observations sur le système et son fonctionnement.

### Références

- ANON. 1992. Habitat Sensitivity Mapping Workshop: Review, Strategy and Recommendation. Can. Manusc. Rep. Fish. Aquat. Sci.: 49 p.
- ANON. 1993a. Habitat Sensitivity Mapping (Brander-Smith/Green Plan) Project Review. Can. Manusc. Rep. Fish. Aquat. Sci.: 13 p.
- BRANDER-SMITH, D. 1990. Protégeons nos eaux. Rapport final. Comité d'examen public des systèmes de sécurité des navires-citernes et



de la capacité d'intervention en cas de déversements en milieu marin. Ottawa. 277 p.

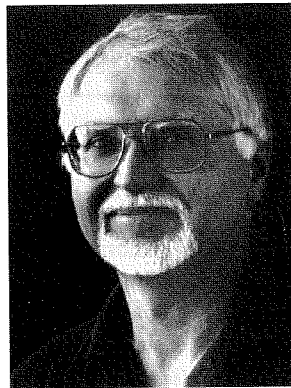
HUNTER, G.T. 1978. Fundy Coastal Zone Study Map Atlas. Mineral Resources Branch, N.B. Dept. of Natural Resources, Fredericton, N.B.

## Observation des concentrations d'euphausiacés dans le bassin de La Have au moyen d'appareils acoustiques installés sur le fond marin.

N. Cochrane et D.D. Sameoto



N. Cochrane



D. D. Sameoto

### Résumé

L'observation de la colonne d'eau au moyen de sonars installés sur le fond marin permet de suivre les variations saisonnières de la concentration de zooplancton, complétant ainsi les relevés traditionnels sur l'abondance du zooplancton réalisés à partir de navires. Nous examinons ci-dessous les enregistrements acoustiques réalisés à partir d'un sonar installé sur le fond marin au cours de l'automne 1990 dans le bassin de La Have. Deux couches de diffusion biologique se différencient par leurs caractéristiques migratoires verticales quotidiennes distinctes et différentes. Une première couche acoustique, composée d'un migrateur quotidien abondant évoluant dans une zone s'étendant presque de la surface jusqu'à la proximité du fond marin est identifiée comme étant celle de l'euphausiacé *Meganctiphanes norvegica*. Une seconde couche acoustique, composée d'un migrateur à domaine plus restreint, est identifiée comme étant celle de jeunes colins. Une image détaillée de la migration quotidienne moyenne des euphausiacés a été obtenue. Une modélisation acoustique novatrice fournit une estimation

quantitative de la population d'euphausiacés dans la colonne d'eau. Les études bioacoustiques au moyen de sonars fixes permettent de mieux comprendre la distribution et le comportement des diverses populations, notamment leur degré de variabilité naturelle. Cela permettra à son tour d'interpréter avec plus de confiance les bases de données historiques sur le zooplancton, en particulier eu égard aux changements pluriannuels dans les populations d'euphausiacés, qui ont peut-être influencé les fluctuations des stocks de poisson sur la plate-forme Néo-Écossaise.

La dernière décennie a été marquée par d'importants progrès dans l'application des écho-sondeurs pour la détection et l'observation des poissons et du zooplancton dans l'environnement marin (Cochrane et Sameoto, 1991). Un problème essentiel que doivent affronter les biologistes qui étudient les populations de zooplancton est l'obtention d'échantillons représentatifs. Le zooplancton n'est pas

réparti uniformément dans l'océan, mais tend plutôt à se grouper en amas ou en couches de sorte que sa concentration varie verticalement et horizontalement sur des distances variant de l'ordre de quelques mètres à des dizaines de kilomètres. Plusieurs espèces de zooplancton ont un cycle de migration verticale quotidienne pouvant s'étendre sur des centaines de mètres dans la colonne d'eau. La variabilité dans la distribution du zooplancton dans l'espace et le temps peut fortement biaiser les échantillons de filets prélevés à une profondeur fixe et même biaiser les relevés acoustiques réalisés sur toute la profondeur de l'océan. Les relevés traditionnels effectués sur navire durent de 1 à 2 semaines, couvrent des sites variés et très dispersés et sont réalisés tout au plus une ou deux fois l'an. Un échantillonnage si clairsemé et fort vraisemblablement biaisé suscite une incertitude considérable lorsqu'il s'agit de s'attaquer aux problèmes d'importance critique concernant les variations saisonnières, annuelles et à plus long terme des populations. Un sonar autonome installé sur le fond marin capable de fournir un profil de l'abondance du zooplancton sur toute la colonne d'eau offrirait des avantages uniques, notamment la capacité d'observer de manière continue et sur une longue durée. Cela permettrait de mettre en évidence des changements systématiques dans la biomasse et la répartition selon la profondeur du plancton pendant des périodes s'échelonnant sur des mois ou des années.

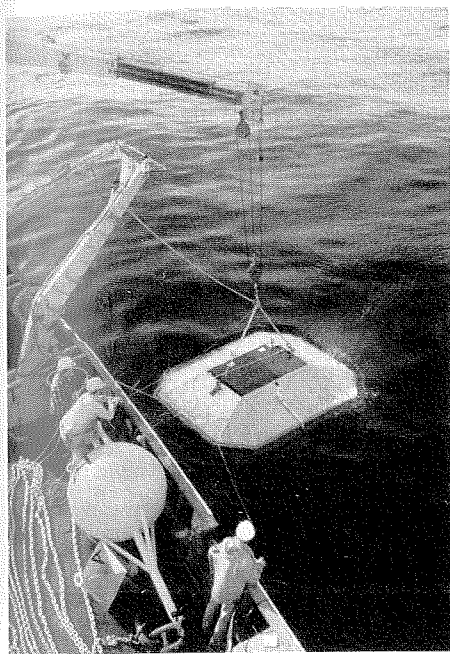


Figure 1 : Profileur acoustique de courant à effet Doppler en cours d'installation à partir du C.S.S. DAWSON. Le profileur est encastré au sein d'une structure pyramidale tronquée mesurant 4 x 3,3 x 0,5 m, la face la plus étendue étant conçue pour reposer sur le fond. Cette forme est conçue de manière telle que les chaluts de pêche glissant sur la structure la perturbent le moins possible.

Les profileurs de courant à effet Doppler (ADCP) sont des sonars spécialisés pour la mesure à distance des courants océaniques. Les profils de courant sont obtenus en mesurant les légers décalages de fréquence acoustique (décalages Doppler) d'ondes sonores réfléchies ou "rétrodiffusées" par de minuscules irrégularités dans la colonne d'eau le long de la trajectoire de quatre faisceaux acoustiques étroits orientés à angle oblique par rapport à la colonne d'eau. L'ADCP fabriqué par la société RD Instruments mesure et enregistre également l'intensité du signal rétrodiffusé pour chaque faisceau acoustique (ceux-ci sont inclinés de 20° par rapport à la verticale). À la fréquence acoustique de 153 kHz le signal rétrodiffusé provient essentiellement du zooplancton, d'où l'utilité de cet appareil pour les études biologiques. Un ADCP a été installé sur le fond marin sous 192 m d'eau dans la partie nord du bassin de La Have (figure 1). Celui-ci constitue un bassin important de la plate-forme Néo-Écossaise ayant fait l'objet d'études intensives au cours des années 80 sur le zooplancton. Les bassins de la plate-

forme sont importants sur le plan écologique parce qu'ils renferment une importante biomasse d'euphausiacés, ou krill (crustacés de 2 à 3 cm de longueur), qui alimente à son tour d'importants stocks de merluche argentée et d'autres espèces de poisson.

La figure 2 illustre un tracé en courbes de niveau des niveaux d'écho acoustique, ou d'"intensité de rétrodiffusion volumique" (proportionnelle à l'intensité de la diffusion), versus la profondeur d'eau (m) et le temps d'enregistrement écoulé (heures). Les données ont été échantillonnées une fois par heure au cours d'une période de 49 jours à partir du 23 octobre 1990. Les organismes planctoniques individuels ne sont pas détectés; toutefois, les concentrations élevées d'animaux apparaissent sous forme d'amas ou de couches à forte diffusion dans la colonne d'eau. Deux couches de diffusion distinctes ont été observées. La première couche est engendrée par un migrateur quotidien abondant et persistant se déplaçant à partir de profondeurs supérieures à 110 m le jour vers des profondeurs inférieures à 50 m la nuit. La seconde couche est confinée en permanence aux 50 m supérieurs de la colonne d'eau et manifeste une tendance peu accusée à la migration verticale. Cette couche superficielle avait complètement disparu dès la 500<sup>e</sup> heure d'enregistrement. Nous avons vérifié que la diffusion biologique totale dans la colonne d'eau est approximativement la même le jour et la nuit en effectuant la sommation verticale des niveaux de rétrodiffusion du haut vers le bas (les 14 m supérieurs de la colonne d'eau ne peuvent être observés avec fiabilité à cause de la réverbération de surface). Ces intensités de rétrodiffusion dites » intégrées par colonne sont utiles pour la détection de tendances à long terme dans l'évolution des populations biologiques puisqu'elles sont indépendantes de la répartition des diffuseurs selon la profondeur dans la colonne d'eau.

La comparaison du comportement des couches diffusantes avec celui observé au cours de relevés sonar à partir de navires et d'études d'échantillonnage au moyen de filets (Cochrane et al., 1991) indique que la couche dense de migration quotidienne

est composée de l'euphausiacé *Meganyctiphanes norvegica*, de 2,8 cm de longueur moyenne. Mais l'identification de la couche diffusante dans les 50 m supérieurs est plus problématique. Des observations acoustiques multifréquences réalisées à partir de navires dans le bassin voisin d'Emerald en novembre 1992 avaient identifié dans la partie supérieure de la colonne d'eau une couche diffusante avec un domaine de migration quotidienne également restreint. Un échantillonnage au filet a révélé que cette couche était composée de jeunes merluches argentées. Des profils sonar ultérieurs réalisés en octobre 1993 sur toute l'étendue de la plate-forme Néo-Écossaise au moyen d'un échosondeur à bord d'un navire de 12 kHz et d'un profileur ADCP de 153 kHz ont indiqué la présence de vastes zones peuplées par ces jeunes poissons, surtout au-dessus des bassins de la plate-forme. Le sonar installé sur le fond a fourni la première mesure directe du déclin et de la disparition saisonniers de la couche de poissons. Ces jeunes poissons migrent probablement vers des eaux plus profondes dans les parties centrales des bassins de la plate-forme ou vers la bordure de la plate-forme continentale lorsque les eaux de surface se refroidissent à la fin de l'automne.

Une fois distinguées les couches de poissons et d'euphausiacés, l'enregistrement sonar de longue durée a permis un examen détaillé de la migration quotidienne des euphausiacés. La figure 3 illustre la moyenne quotidienne d'heure en heure de 14 jours d'enregistrement à partir de l'heure 505, peu de temps après la disparition de la couche poissonneuse superficielle. La migration verticale des euphausiacés est rapide, dépassant rarement l'heure de durée de l'intervalle d'échantillonnage. Les migrations ont lieu vers le lever et vers le coucher du soleil (les heures moyennes sont indiquées sur la figure 3). La distribution verticale des diffuseurs paraît presque symétrique dans le temps aux alentours de midi, heure locale. Lorsque la couche d'euphausiacés est profonde, son intensité de diffusion diminue à presque zéro à quelque 10 m au-dessus du fond. Cela laisse supposer que les euphausiacés évitent la zone située à proximité du fond, peut-être pour échapper aux prédateurs de fond. La sommation verticale des intensités moyennes de

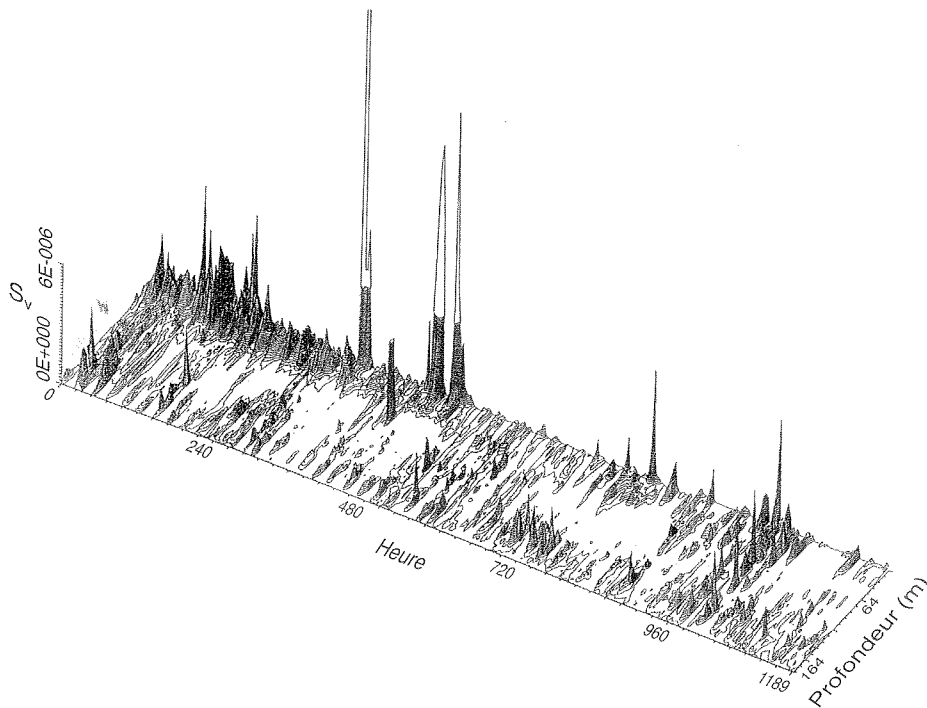


Figure 2 : Tracé tridimensionnel de l'intensité de rétrodiffusion acoustique volumique (sv) versus le temps d'enregistrement écoulé et la profondeur d'eau (m).

rétrodiffusion indique que les niveaux "intégrés par colonne" sont de 26 % inférieurs la nuit par rapport au jour. Cette diminution nocturne est compatible avec la montée d'une partie de la population d'euphausiacés dans les 14 m non observables sommitaux, diminuant d'autant l'intégration.

Les euphausiacés sont des diffuseurs acoustiques "géométriques" à 153 kHz. C'est-à-dire qu'un euphausiacé allongé moyen est suffisamment long par rapport à la longueur d'onde acoustique (environ 1 cm) pour que sa rétrodiffusion soit dépendante de son orientation par rapport au faisceau du sonar. La rétrodiffusion est plus accentuée lorsque l'organisme est orienté au travers du faisceau. Dans des conditions naturelles, les euphausiacés tendent à être orientés horizontalement, mais la variation aléatoire de cette orientation d'un individu à l'autre peut être décrite statistiquement. On admet qu'une orientation en moyenne horizontale avec une variabilité caractéristique (écart type gaussien) d'environ 30° constitue une bonne approximation de départ. Pour prédire l'intensité de diffusion acoustique moyenne, ou "intensité de cible" d'un euphausiacé individuel, nous avons déterminé la moyenne statistiquement

pondérée de la rétrodiffusion de l'organisme compte tenu de toutes les orientations possibles de l'organisme par rapport à l'horizontale et de toutes ses orientations azimutales par rapport au faisceau sonar observateur au moyen d'une représentation d'un fluide cylindrique élaborée par Stanton et al. (1993). Ce procédé nous fournit un moyen de corrélérer la taille, l'abondance, les statistiques d'orientation et les propriétés physiques des euphausiacés, de même que la géométrie spécifique du faisceau sonar aux niveaux de diffusion observés. Malgré que les statistiques d'orientation des euphausiacés soient présentement mal connues, la modélisation démontre que pour un échantillon d'euphausiacés la rétrodiffusion globale n'est que peu dépendante de l'orientation moyenne et de son degré de variabilité statistique. Fait intéressant, cette dépendance est moins accusée pour les sonars de type ADCP à faisceaux inclinés que pour les sonars à écho-sondeurs à bord d'un navire à faisceaux orientés verticalement.

La sommation verticale des niveaux de diffusion illustrée à la figure 3 démontre que les niveaux de diffusion pour l'ensemble d'une colonne d'eau ne diminuent pas de plus d'un dB (environ 13

%) par rapport à leurs valeurs diurnes au cours des brefs épisodes de migration vers le haut ou vers le bas des euphausiacés. On pourrait s'attendre intuitivement à ce qu'un organisme allongé incline son corps vers le haut lorsqu'il nage vers le haut. Or il ressort de notre modélisation acoustique que l'angle d'orientation moyen d'un euphausiacé au cours d'une migration, étant donné la réduction d'un dB, ne peut guère dépasser 30°. Des études hydrodynamiques détaillées de la technique de nage des euphausiacés, en particulier les travaux du chercheur allemand U. Kils (1981), nous ont également convaincus qu'une orientation moyenne de 30° au cours d'une migration ascendante ne contredirait ni les principes physiques de base, ni les observations comportementales actuelles. Les vitesses de migration descendantes et les niveaux de diffusion acoustiques sont compatibles avec une descente avec orientation presque horizontale. En s'appuyant sur les meilleures estimations disponibles des propriétés physiques des euphausiacés, on peut conclure à partir du niveau de rétrodiffusion intégré de la colonne d'eau que la densité moyenne des colonnes est d'environ 290/m<sup>2</sup>. Les concentrations volumiques les plus élevées observées dans la partie inférieure de la colonne d'eau (abstraction faite du pic de la figure 3 résultant d'un événement de diffusion isolé unique) sont d'environ 10/m<sup>2</sup>. Ces concentrations sont du même ordre que celles observées au cours d'études menées à bord de navires, mais devraient être plus représentatives des conditions "moyennes" à cause de la période prolongée d'observation.

Plusieurs observations extraites des données acoustiques ci-dessus pourraient faciliter l'évaluation critique d'anciennes données sur les euphausiacés dans les bassins de plate-forme. Ainsi, les relevés acoustiques réalisés le jour sont peut-être plus fiables que ceux réalisés la nuit. En effet, la nuit les euphausiacés se trouvent près de la surface, et il est donc plus probable qu'ils soient mélangés avec une importante population diffusante de jeunes poissons. La population totale dans une colonne d'eau à un endroit donné peut varier de manière aléatoire de la moyenne à long terme d'un facteur de 50 % sur des échelles temporelles de plusieurs jours. Des variations allant jusqu'à plusieurs centaines de pour cent peuvent caractériser un

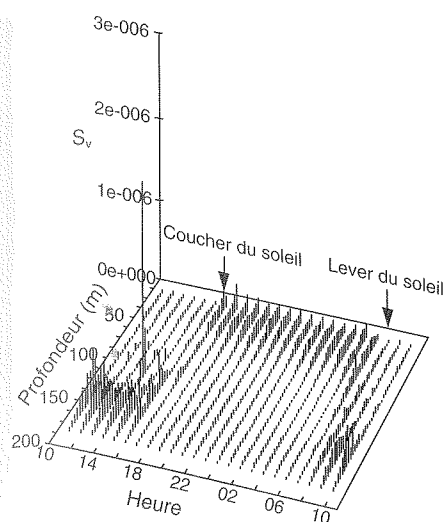


Figure 3 : Tracé tridimensionnel de l'intensité de rétrodiffusion volumique moyenne, versus l'heure du jour (heure de l'Atlantique) et la profondeur. La moyenne des données a été établie sur une période de 14 jours à partir de l'heure 505 à la figure 2.

échantillon ponctuel à une profondeur et une heure données, conséquence de fluctuations aléatoires d'ordre quantitatif et temporel des migrations verticales quotidiennes individuelles. Cette observation corrobore le bien-fondé de la pratique de relevé courante consistant à recueillir des échantillons de filet contigus sur un intervalle important de profondeurs d'eau lorsqu'il s'agit d'estimer la population totale d'une colonne d'eau.

On dispose aujourd'hui de données qui sont le fruit d'une décennie de relevés sur le zooplancton effectués sur navire, données sous forme de profils d'échantillonnage au filet, de profils

acoustiques et de profils par compteurs optiques. En conséquence de l'effondrement des pêcheries dans l'Atlantique, il est devenu d'importance critique de déterminer si des changements de population à long terme dans l'écosystème zooplanctonique sous-jacent y sont pour quelque chose. Aussi les ensembles de données zooplanctoniques recueillies avant et pendant le déclin des pêcheries sont-ils devenus d'autant plus importants. Cela soulève encore la question de savoir quelle incertitude caractérise tout échantillon ponctuel. Étant donné qu'une bonne partie des données de relevés sur le zooplancton proviennent des bassins de plate-forme et que plusieurs échantillons comprennent un nombre important d'euphausiacés, les enregistrements ADCP décrits ci-dessus seront d'un précieux secours pour répondre à cette question. Les ADCP, qui sont conçus essentiellement pour des tâches différentes, sont trop coûteux à des fins d'observation biologique suivie. Nous avons l'intention de développer des sonars installés sur fond marin pour obtenir des enregistrements de longue durée à partir de sites multiples. Ces sonars seront étalonnés précisément et fonctionneront simultanément à deux fréquences acoustiques ou plus pour permettre une détermination grossière de la taille des diffuseurs. L'emploi de fréquences sonar multiples, combiné avec un choix de sites judicieux, permettra l'identification et la surveillance continue de biomasses distinctes, y compris de populations importantes de zooplancton et de poissons sur la plate-forme Néo-Écossaise.

## Références

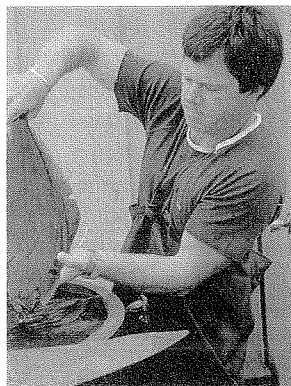
- COCHRANE, N.A. and D. SAMEOTO. 1991. Research in hydroacoustics. In: Science Review of the Bedford Institute of Oceanography, the Halifax Fisheries Research Laboratory, and the St. Andrews Biological Station (1988 & '89) Ed. Thea E. Smith. Department of Fisheries and Oceans, Scotia-Fundy Region: 67-70.
- COCHRANE, N.A., D. SAMEOTO, A.W. HERMAN, and J. NEILSON. 1991. Multiple-frequency acoustic backscattering and zooplankton aggregations in the inner Scotian Shelf basins. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48: 340-355.
- KILS, U. 1981. The swimming behaviour, swimming performance and energy balance of Antarctic krill, *EUPHAUSIA SUPERBA*. *BIOMASS Scientific Series No. 3*: 122 p.
- STANTON, T.K., C.S. CLAY, and D. CHU. 1993. Ray representation of sound scattering by weakly scattering deformed cylinders: simple physics and application to zooplankton. *J. Acoust. Soc. Am.* 94(6): 3454-3462.

## Recherche sur l'aquiculture du flétan à la Station de biologie de St. Andrews

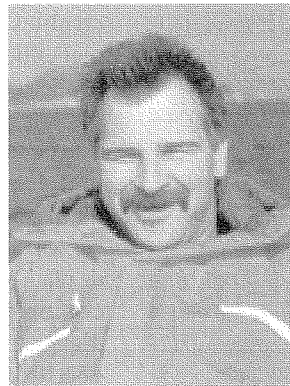
K.G. Waiwood, K.G. Howes et J. Reid



K.G. Waiwood



K.G. Howes



J. Reid

Plusieurs facteurs ont contribué à l'intérêt croissant que suscite la culture des poissons de mer dans la région de Scotia-Fundy. La réussite actuelle des élevages de saumon de l'Atlantique a abouti à l'implantation d'une industrie au chiffre d'affaires annuel de cent millions de dollars, le saumon représentant la valeur la plus élevée parmi tous les débarquements de poisson de la région. Pour perpétuer son succès et sa croissance sur un marché qui est très concurrentiel, l'industrie doit diversifier sa production et commercialiser de nouvelles espèces. L'effondrement de plusieurs pêches de poisson sauvage a également attiré notre attention sur les autres industries fondées sur le poisson, notamment sur l'élevage des espèces marines. Dans de nombreuses parties du monde, l'élevage des poissons de mer contribue de plus en plus à l'économie locale et nationale.

En 1988, un nouveau programme destiné à évaluer et à développer le potentiel aquicole des espèces marines a vu le jour à la Station de biologie de St. Andrews, dans la région de Scotia-Fundy. La démarche initiale consistait notamment à améliorer et à agrandir les installations d'élevage, à recueillir des stocks de géniteurs et des espèces expérimentales et à apprendre de nouvelles techniques d'élevage. À l'origine, le programme en question était axé sur le flétan de l'Atlantique (*Hippoglossus hippoglossus*), mais il a

depuis été étendu à l'aiglefin (*Melanogrammus aeglefinus*).

Les activités entreprises au terme de ce programme comprennent les recherches fondamentales sur la biologie et l'élevage du flétan de l'Atlantique et de l'aiglefin, l'adaptation et l'amélioration des techniques d'élevage conçues ailleurs, le transfert de technologies à l'industrie et la formulation de conseils destinés au ministère des Pêches et des Océans (MPO) et à d'autres clients de l'extérieur de l'industrie. Pratiquement toutes les activités de recherche et de développement sont entreprises en collaboration avec des partenaires de l'industrie.

### Recherche sur les premiers stades biologiques du flétan de l'Atlantique

Le flétan de l'Atlantique est parmi les plus prometteurs des candidats à l'aquiculture dans la région de Scotia-Fundy. Il s'agit d'un poisson dont la valeur commerciale et le rendement sont élevés, qui est très robuste et dont il a été prouvé qu'il pouvait grossir de deux à trois fois plus rapidement en captivité que dans la nature. Malheureusement, c'est aussi une espèce dont les premiers stades biologiques sont relativement complexes; l'incapacité à obtenir une production massive et fiable de flétans juvéniles est l'obstacle principal à son élevage commercial.

Une bonne partie de nos premières activités de recherche s'est donc concentrée sur le rendement des géniteurs, sur la qualité et la production des oeufs, et sur les techniques de culture massive de larves vésiculées, de larves aptes à se nourrir elles-mêmes et de larves métamorphosées.

La plus grande partie du stock de reproducteurs de saumon de l'Atlantique a été récoltée par des navires de recherche à l'aide de palangres, mais une certaine proportion de ce stock provenait des pêcheurs commerciaux. Le bâtiment où sont gardés les géniteurs contient des bassins de 6,6 m de diamètre qui peuvent accueillir environ 36 gros flétans. La collecte des oeufs des femelles est un difficile labeur, mais les techniques fondamentales sont devenues routinières au bout de quatre ans. Le frai a lieu de la fin mars au début de juin. Durant celui-ci, le niveau d'eau des citernes est abaissé à environ un mètre. Les femelles à maturité (pesant de 30 à 85 kg) sont amenées une à une sur une rampe qui est ensuite levée au moyen d'un treuil électrique. Une fois la femelle calmée, on frotte son abdomen pour provoquer la ponte (Fig. 1). Hormis celles dont c'est la première ponte, qui quelquefois resserrent leur fente abdominale, les femelles libèrent habituellement leurs oeufs sans difficulté. Le flétan de l'Atlantique pond ses oeufs par «lots», c.-à-d. que, selon sa taille, il pond de 3 à 12 fois à intervalles de 80 à



Figure 1 : Extraction artificielle des oeufs d'un gros flétan femelle.

110 heures. Le moment de l'extraction des oeufs est critique. Ceux-ci doivent être prélevés dans les deux à trois heures du frai naturel. Si le processus est amorcé trop tôt, la femelle ne pondra pas et si, au contraire, il commence trop tard, les oeufs seront déjà disséminés dans l'eau, ou deviendront trop mûrs et de piètre qualité. On suit de près les femelles lors des premiers cycles d'ovulation et on note le moment de la ponte naturelle. Avec le temps, on peut prédire la période de frai de chaque femelle. Toutefois, comme le frai se produit habituellement entre 3 et 8 heures, plusieurs tentatives peuvent s'avérer nécessaires pendant cette période. Il est heureux que les mâles, de plus petite taille, soient plus obligeants. Ils produisent leur

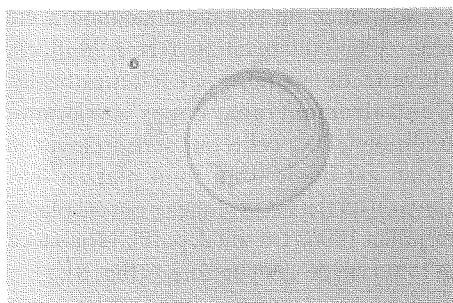


Figure 2 : Oeufs de flétan sur le point d'éclore. Remarquer l'anneau qui s'est formé dans la région de la tête. C'est le long de son tracé que l'oeuf se cassera pour libérer le flétan.

laitance à n'importe quelle heure du jour ou de la nuit. Les oeufs sont fertilisés dans un grand bécber et placés dans des incubateurs de 250 litres à 6 °C pendant 13 à 15 jours. Pendant toute cette période et pendant les 30 prochains jours ils seront tenus à l'obscurité.

Les oeufs de nombreuses espèces de poisson de mer sont flottants, mais ceux du flétan de l'Atlantique sont bathypélagiques. Dans la nature, on les trouve habituellement dans la colonne d'eau à des profondeurs de 100 à 200 m (Haug et al., 1986). Ces oeufs sont dotés d'un mécanisme particulier qui leur permet d'accroître leur densité quand ils sont exposés à la lumière (Mangor-Jensen et Waiwood, sous presse). C'est sans doute pourquoi on ne trouve pas d'oeufs de flétan dans la zone photique. Environ deux jours avant l'éclosion, les oeufs sont transférés dans des incubateurs à larves vésiculées. Avant d'éclore, les oeufs deviennent plus flottants. Au cours de l'éclosion, un anneau, au sein duquel l'activité des enzymes d'éclosion est intense (Helvik, 1988), commence à se former dans la région de la tête et le disque qu'il entoure finit par se séparer, laissant la larve s'échapper (Fig. 2).

Au cours du long stade vitellin (environ 40 jours à 7,5 °C) la larve change de densité et, dans la nature, de position dans la colonne d'eau. Initialement, elle est relativement légère, mais de trois à sept jours après l'éclosion elle commence à s'abreuver (Tytler et Blaxter, 1988) et devient plus dense. Dans l'océan, on la trouverait habituellement alors juste au-dessus de la pycnocline, où la lumière est faible, les conditions environnementales relativement constantes et les prédateurs rares. Un des principaux défis de l'élevage à ce stade est de reproduire dans environ quatre mètres d'eau les conditions qui dans la nature nécessitent de 100 à 200 m d'eau.

La méthode initiale d'élevage, qui se comparait à celle des Norvégiens, faisait appel à des silos à fond conique de trois mètres de haut (Rabben et al., 1987). Toutefois, il était impossible d'y régler la température; en outre, la salinité ambiante relativement basse nécessitait des taux de flux ascendant élevés pour maintenir les larves dans la colonne d'eau. Cette

méthode s'est avérée inefficace. De 9 à 14 jours environ après l'éclosion, les larves étaient attirées par les courants et utilisaient leurs réserves énergétiques pour nager vers le fond des bassins. On a alors décidé d'utiliser des sacs flottants de trois mètres de hauteur et d'un mètre de diamètre dans un vaste bassin de béton. Le bassin permettait d'obtenir un grand bain d'eau à température réglée. Au lieu d'accroître le débit d'eau, on l'a réduit à 0,5 litre par minute et augmenté la salinité d'environ 27 à 34 parties par 10<sup>3</sup>, en ajoutant du chlorure de sodium. Fort heureusement, les cinq tonnes de sel nécessaires à cette opération étaient relativement peu coûteuses. En 1993, plusieurs milliers de larves saines de flétan commençant à se nourrir elles-mêmes ont été produites ainsi. Nos meilleurs résultats correspondaient à 70 p. 100 de survie au terme du stade de larve vésiculée. Le taux de survie peut varier considérablement parmi des lots apparemment identiques, variabilité qu'il n'est pas toujours possible d'expliquer. De plus, les taux de difformité de la mâchoire et du sac vitellin peuvent être élevés. De plus amples recherches seront nécessaires pour connaître les causes de ces diverses malformations. On trouvera un exposé plus détaillé de la biologie et du développement de la larve vésiculée dans Lonning et al. (1982) Pittman et al (1987) et Pittman (1990).

### Biologie des premiers stades alimentaires

L'amélioration du taux de réussite des premiers apports alimentaires est sans doute le plus grand défi qui se pose à la production d'alevins de flétan. La période à laquelle l'alimentation de la larve passe du stade endogène (sac vitellin) au stade exogène (proie vivante) s'accompagne habituellement de fortes mortalités. Environ 30 jours après l'éclosion, des algues (*Isochrysis*) sont ajoutées aux sacs pour produire une «eau verte» (Fig. 3). Cette façon de procéder présente plusieurs avantages, apportant notamment de la nourriture aux copépodes, qui sont aussi ajoutés au sac.

Cette nourriture est récoltée au moyen de grands filets à plancton suspendus dans les courants de marée par une barge aménagée à cette fin (Fig. 4). On nourrit aussi les larves d'*Artémia*, mais l'alimentation exclusive en *Artémia* occasionne une pigmentation anormale, se

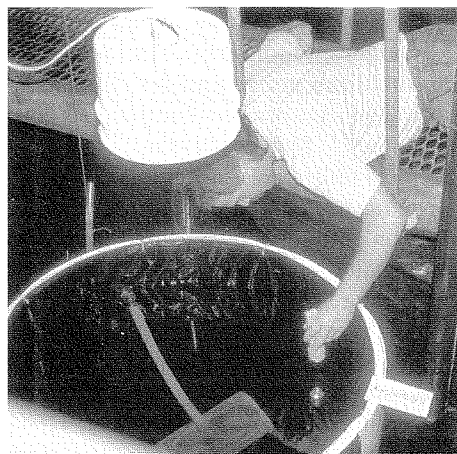


Figure 3 : Sac flottant utilisé pour recevoir les larves vésiculées et les larves qui commencent à se nourrir. Ce sac est suspendu dans un bassin de quatre mètres de haut, qui sert de bain d'eau à température constante.

manifestant par des taches blanches irrégulières chez le juvénile et le poisson de taille commerciale, phénomène qui diminue considérablement la valeur marchande du poisson. À ses débuts, (Fig. 5) le flétan est un gros mangeur et grossit rapidement. De deux à trois semaines environ avant que la larve ne se métamorphose (alors qu'elle mesure aux alentours de 12 mm de longueur) une



Figure 4: Arrosage d'un filet à plancton utilisé pour récolter les copépodes dont se nourrissent les très jeunes flétans. Les grands filets à plancton sont mouillés dans des courants de marée depuis une barge ancrée.

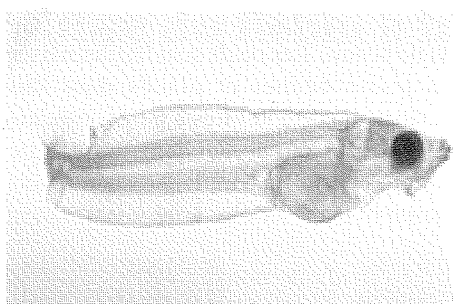


Figure 5 : Larve de flétan au stade où elle commence à se nourrir. Remarquer la nourriture dans les viscères.

nourriture de micro-particules inertes est ajoutée à l'eau au moyen de nourrisseurs automatiques. Les micro-aliments, produits par les Japonais, sont conçus particulièrement pour les larves de poisson de mer, si bien que lorsque ces dernières se métamorphosent, elle sont presque complètement sevrées et habituées à la nourriture inerte.

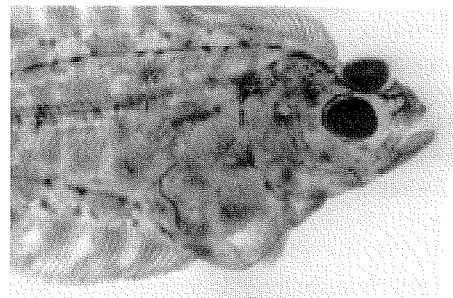


Figure 6 : Larve de flétan sur le point de se métamorphoser. L'oeil gauche ne s'est pas encore déplacé vers la droite. À ce stade, la larve passe la majeure partie de son temps au fond du bassin.

Quand la larve commence à se métamorphoser, on la retire des sacs pour la placer dans des creux peu profonds, où il est facile de maintenir une forte densité de proies et d'éliminer la nourriture non consommée et les matières fécales. Le poisson grandit et termine sa métamorphose (Fig. 6). À ce stade, l'oeil gauche se déplace vers le côté droit, tandis que la larve passe le plus clair de son temps sur le fond et commence à prendre l'apparence d'un flétan miniature. Là encore, l'alimentation devient problématique. Le poisson n'ayant pas encore un régime alimentaire benthique, il semble se désintéresser de la nourriture inerte. On a alors à nouveau recours aux copépodes vivants. Toutefois, dès que les juvéniles atteignent une taille d'environ 30 mm, ils acceptent les



Figure 7 : Flétan de l'Atlantique juvénile, d'environ neuf mois.

granulés secs et n'ont plus besoin de nourriture vivante. À 9 mois, ils pèsent de 10 à 20 grammes environ. En 1993, on a produit pour la première fois 48 flétans juvéniles (Fig. 7).

### Études sur le grossissement

On a aussi procédé à des recherches sur le grossissement au moyen de juvéniles sauvages. Une installation spéciale a été conçue et aménagée à cette fin à bord du navire de recherche Lady Hammond et on y a placé plusieurs centaines de flétans juvéniles, récoltés dans la région du goulet de l'île de Sable. On a ensuite surveillé le taux de croissance et de survie de ces juvéniles dans des pêcheries à fascines de hareng, dans des cages à saumon et dans une cage de fond qui avaient été modifiées. L'expérience de la cage à saumon a été réalisée en collaboration avec J. Malloch, éleveur de saumon de Campobello. Contrairement aux cages à saumon traditionnelles, celle qui sert à élever le flétan est dotée d'un fond plat en dur. Environ 45 flétans juvéniles y ont été placés en juillet 1990. On suit depuis la croissance et la survie de ces poissons. (Fig. 8).

Il est apparu que la croissance était beaucoup plus élevée en captivité que dans la nature, le poids des flétans juvéniles ayant quadruplé en deux ans. (Fig. 9). On

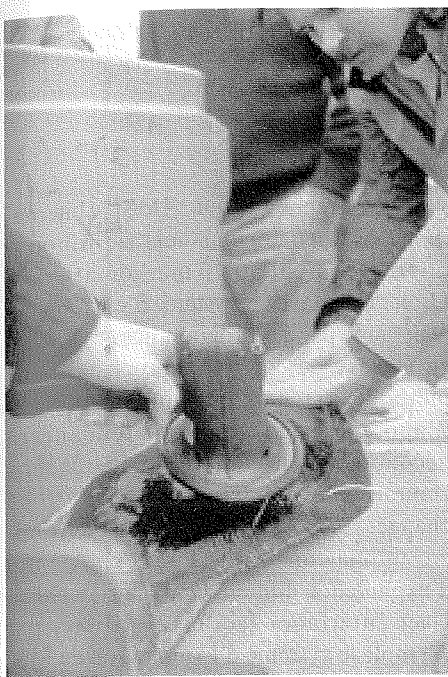


Figure 8 : Identification d'un flétan en cage qui a été muni d'une marque électronique interne. Le poisson sera ensuite pesé et mesuré.

n'a pas constaté de différences de croissance entre les mâles et les femelles avant la maturité. Mais une fois cette dernière atteinte, soit à environ 6 kg, le taux de croissance des mâles diminuait considérablement. En revanche, on n'a pas observé de grand changement dans le taux de croissance des femelles, qui atteignent la maturité lorsqu'elles sont plus grosses (10 kg), même après ce stade.

## Conclusions

Le flétan est une espèce très prometteuse pour l'aquaculture dans la région de Scotia-

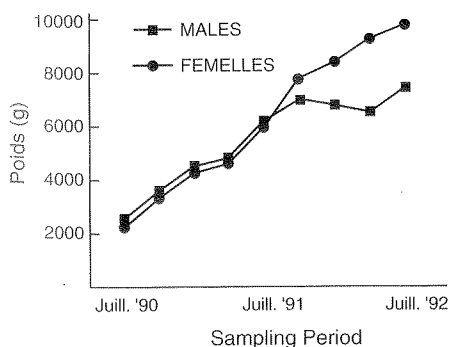


Figure 9 : Courbe de croissance de flétans de l'Atlantique sauvages élevés dans une cage à saumon modifiée. Remarquer la différence de taux de croissance entre les femelles et les mâles une fois ces derniers parvenus à maturité.

Fundy, mais il faut résoudre les problèmes associés à la production massive de géniteurs avant de pouvoir procéder à un élevage commercial. Les travaux de recherche entrepris à la Station de biologie de St. Andrews ont révélé qu'il est possible de produire du flétan juvénile dans un milieu ambiant salin, en modifiant les techniques connues. De plus, le flétan de l'Atlantique survit et grossit adéquatement dans des cages à saumon modifiées placées dans la baie de Fundy. Les résultats obtenus sont très encourageants et permettent d'envisager avec optimisme l'avenir de l'élevage du flétan de l'Atlantique dans la région de Scotia-Fundy.

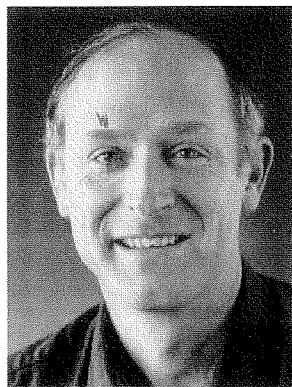
## Références

- HAUG, T., E. KJORSVIK and P. SOLEMIDA. 1986. Influence of some physical and biological factors on the density and vertical distribution of Atlantic halibut *Hippoglossus hippoglossus* eggs. *Mar. Ecol. Ser.* 33:207-216.
- HELVIK, J.V. 1988. *Klekkeprosessen hos kveite (Hippoglossus hippoglossus)*. Can. Scientific thesis, University of Bergen, 87 p.
- LONNING, S., E. KJORSVIK, T. HAUG, B. GULLIKSEN. 1982. The early development of the halibut, *Hippoglossus hippoglossus* (L.), compared with other marine teleosts. *Sarsia* 67:85-92.
- PITTMAN, K.O. BERGH, I. OPSTAD, A.B. SKIFTESVIK, L. SKJOLDDAL and H. STRAND. 1990. Development of eggs and yolk sac larvae of halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *J. Appl. Ichthyol.* 6:142-160.
- PITTMAN, K. 1989. The Atlantic halibut yolk sac larva; a summary of the results from four years of experimentation. In R.L. Saunders [ed.] *Proceedings of Canada-Norway finfish aquaculture workshop, September 11-14, 1989:161-168.*
- RABBEN, H., A. JELMERT and I. HUSE. 1987. Production experiment of halibut fry (*Hippoglossus hippoglossus*) in silos. *ICES C.M.* 1987/f:42
- TYTLER P, and J.H.S. BLAXTER. 1988. Drinking in yolk-sac stage larvae of the halibut, *Hippoglossus hippoglossus*. *J. Fish Biol.* 32:493-494.



# Virage en informatique scientifique

D. Swetnam



D. Swetnam

Au cours des dernières années, l'informatique scientifique dans la région Fundy Nouvelle-Écosse a pris un virage important. Ce virage a été réalisé dans cinq secteurs :

- Puissance de traitement accrue;
- Convivialité ou interfaces graphiques GUI;
- Visualisation des données;
- Connectivité des ordinateurs;
- Systèmes ouverts.

L'informatique scientifique est passée des terminaux non graphiques connectés par liaison série à un gros ordinateur dont la connectivité était limitée aux puissants ordinateurs personnels reliés à notre équipement spécialisé et à d'autres organismes de recherche aux quatre coins du monde. Les scientifiques disposent maintenant d'équipement doté de la puissance nécessaire à leur travail. Ils utilisent les normes de système ouvert, protégeant ainsi leur investissement logiciel et matériel.

## Puissance de traitement accrue

Par le passé, le traitement a été effectué surtout par terminal connecté à un ordinateur principal. Même s'il présentait certains avantages, ce type de traitement était coûteux, ennuyeux, rigide et, du point de vue de l'utilisateur, il était sujet à des changements impossibles à contrôler. L'arrivée des ordinateurs personnels, offrant de grandes quantités de mémoire

peu coûteuse, la mémoire vive (RAM), des dispositifs de stockage de grande capacité (par exemple les disques durs, les disques audio-numériques, les cartouches de bande audio-numérique (DAT) et les dispositifs de stockage amovibles), l'affichage couleur et la grande rapidité du traitement, s'est traduite par un changement au niveau du site de traitement. Les activités comme la collecte de données, l'analyse et la visualisation dans une certaine mesure, ainsi que le traitement de texte et le graphisme de gestion sont passées à l'ordinateur personnel. Les travailleurs peuvent maintenant adapter leur environnement de travail pour plus de confort et de productivité. Les changements apportés à l'environnement de travail personnel peuvent être maîtrisés. Pour ce faire, il ne faut pas oublier que le mot "personnel" est le plus important des deux mots qui forment l'expression "ordinateur personnel". Les scientifiques sont également dotés de postes de travail plus puissants, par exemple les ordinateurs Next, VAX, HP et SGI, dont la performance dépasse celle de bon nombre d'anciens gros ordinateurs utilisés il y a quelques années à peine. L'entrée en scène des terminaux X et de l'émulation de terminal X sur micro-ordinateur jumelée à un réseau à grande vitesse ont permis à l'utilisateur d'effectuer des tâches multiples à son ordinateur au bureau, et ce, dans un environnement informatique personnalisé. Les fournisseurs de logiciels ont réagi rapidement à cette tendance vers l'informatique décentralisée. En effet, bon nombre des logiciels jadis exclusifs aux gros ordinateurs sont maintenant offerts en version pour ordinateur personnel.

## Convivialité

La montée de l'ordinateur personnel s'est accompagnée de l'évolution des systèmes d'exploitation. L'ancienne méthode de traitement scientifique consistait à programmer dans un langage de haut niveau, par exemple en FORTRAN (Formula Translation), comportant des appels de sous-programmes spécialisés comme le DISSPLA (Display Integrated Software System and Plotting Language)

pour les graphiques ou l'IMSL (International Mathematical Scientific Library) pour les calculs mathématiques. L'interaction avec le système d'exploitation était gérée par des programmes complexes en langage de contrôle de travaux. Cette méthode exigeait une longue période d'apprentissage qui avait tendance à décourager bon nombre de chercheurs. Heureusement, la situation a beaucoup changé. Avec l'arrivée en masse des micro-ordinateurs, on a doté les systèmes d'exploitation d'interfaces GUI (Graphical User Interface) faciles à utiliser, par exemple le système d'exploitation du Mac et l'environnement Windows. On a également développé des interfaces GUI pour les systèmes plus puissants de la famille UNIX, par exemple Motif et l'environnement Open Windows pour station SUN. Aujourd'hui, une grande partie des logiciels commerciaux et des logiciels utilisés par le personnel de la région Fundy/Nouvelle-Écosse sont conformes à certains critères GUI ou possèdent une interface GUI intégrée. De nos jours, les logiciels et ordinateurs sont des outils plutôt que des obstacles dans les études scientifiques.

## Visualisation des données

Ensemble, l'augmentation de la puissance des ordinateurs et l'utilisation de nouvelles interfaces graphiques ont entraîné l'amélioration de la visualisation des données en informatique scientifique. Le projet le plus important associé à la visualisation des données est le programme de carte électronique du Service hydrographique du Canada (SHC). L'un des objectifs de ce programme est de produire des cartes affichables sur écran d'ordinateur ou sur table traçante à partir des données numériques les plus à jour pour la région étudiée. Ces données numériques pourront être stockées sur disque, CD-ROM, ou encore être téléchargées à partir d'une liaison satellite. Ce qui importe le plus à l'utilisateur, c'est que ces données puissent être visualisées sous forme de carte marine. Pour nous permettre de mieux comprendre les données que nous recueillons, de nouvelles techniques et ap-

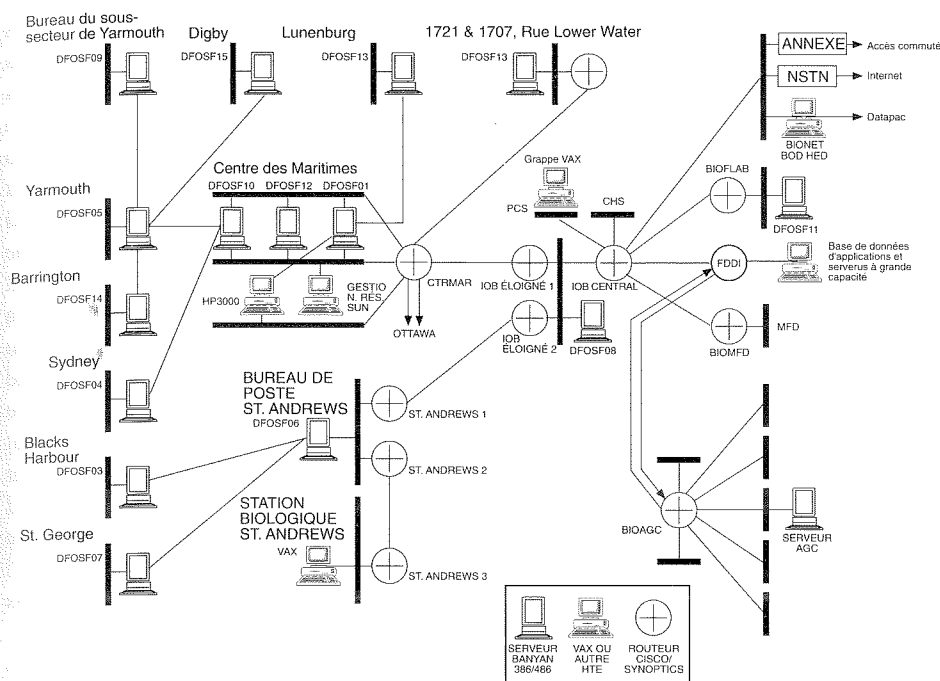


Figure 1: Réseau Fundy/Nouvelle-Écosse du MPO

plications sont en cours de développement. À la Division de l'aquiculture et de la pêche du benthos de la Direction des sciences biologiques, Jerry Black a mis au point le progiciel d'exploration ACON pour mieux visualiser la répartition des stocks d'invertébrés et de poissons. Le système peut créer une animation QuickTime à partir des données. On peut donc regarder le film pour voir comment la répartition change au cours d'une période donnée. Les chercheurs de la Direction des sciences physiques et chimiques font souvent appel à des logiciels commerciaux de visualisation de données, par exemple PV/Wave et AVS, pour produire des images tridimensionnelles de systèmes océanographiques complexes et pour extraire des tranches d'image 3-D qui feront l'objet d'une analyse plus poussée. L'analyse d'images est un sous-domaine spécial de la visualisation de données. Les travaux de Steve Campana sont un exemple des possibilités offertes par l'analyse d'images. En effet, il distingue les stocks de morue du nord-ouest de l'Atlantique grâce à l'analyse de la forme des otolithes.

Les systèmes d'information géographique (SIG) ont toujours été attrayants pour les chercheurs du ministère des Pêches et des Océans, mais n'ont jamais été utilisés pleinement en raison de la nature temporelle et spatiale de l'information

que nous traitons. Plusieurs services, y compris la Division des poissons d'eau douce et des espèces anadromes de la Direction des sciences biologiques tentent activement d'utiliser ce type de technologie dans leur travail. Herman Varma, du SHC, cherche une solution à ce problème avec l'aide de la société Oracle. Ils utilisent le code multidimensionnel développé par le SHC.

La visualisation des données est utilisée tous les jours pour présenter de l'information à nos clients. La plupart des travailleurs ont maintenant accès aux outils de présentation graphique utilisés dans le milieu des affaires. Ce sont des logiciels qui tournent sur ordinateur personnel. Ils servent à présenter de l'information sous une forme facile à comprendre et dans des domaines variés, par exemple les articles de revues spécialisées et les affiches des expositions des Pêches.

### Connectivité des ordinateurs

Par le passé, l'environnement de communications informatiques était constitué de connexions asynchrones par terminal à un autocommutateur privé de téléinformatique (PACX), qui permettait la commutation vers l'ordinateur voulu. Ces connexions avaient une vitesse maximale de 56 000 bits par seconde (bps) et étaient limitées à une session active à la fois par

utilisateur. De nombreux modems et multiplexeurs à courte portée étaient utilisés pour surmonter les contraintes de distance du RS232C et pour réduire le nombre de câbles. La transmission de fichiers se faisait habituellement par la poste ou par messenger sur bobines de bande magnétique. Il y avait en plus un problème occasionné par les différentes capacités des bandes et les divers formats de fichiers. Il y avait de nombreuses imprimantes puisque les seules imprimantes accessibles à tous étaient les imprimantes raccordées à l'ordinateur central.

Heureusement tout cela a changé. Les connexions asynchrones ont été remplacées par un réseau régional comprenant des câbles IEEE802.3 (Ethernet), une série de concentrateurs et de routeurs utilisant la norme de transmission TCP/IP (voir la figure no 1). Les routeurs multiprotocole peuvent également utiliser d'autres protocoles de transmission, par exemple ceux de Decnet, Banyan/Vines, StreetTalk et Appletalk, de sorte que les investissements initiaux ont pu être conservés. Le réseau permet désormais des vitesses de transmission allant de 56 000 bps à 1 Mbps. Les utilisateurs peuvent maintenant transmettre des fichiers facilement et rapidement sans attendre le courrier ni connaître le format des données dont ils ont besoin. Le protocole de transfert de fichiers courant est le protocole FTP. Ce type de réseau permet aussi l'utilisation de services comme le NFS (Network File Service), qui permet de configurer un segment d'espace disque sur un appareil éloigné pour qu'il émule une unité de disque sur votre ordinateur local. Ce service permet de tirer profit des appareils dotés de grandes quantités d'espace disque et permet d'éviter de devoir copier les mêmes données à plusieurs endroits. Grâce à la rapidité de ce service sur le réseau d'interconnexion du réseau, il y a très peu de différence entre l'accès au disque éloigné et l'accès au disque dur local.

Le partage des imprimantes devient une réalité. Une imprimante locale peut être réglée pour qu'elle soit accessible à tous les autres postes du réseau. Cette technologie est très utile pour les sites à l'extérieur de l'Institut océanographique de Bedford (IOB). En effet, ces sites recevaient tous leurs imprimés par le

courrier. Désormais, ces sites peuvent faire imprimer leurs documents sur une imprimante locale en communiquant à distance avec l'ordinateur hôte de l'IOB.

Les systèmes de courrier électronique sont maintenant fort répandus. Qu'on utilise le courrier électronique Banyan/Vines ou AI sur ordinateur hôte ou encore les services de courrier électronique POP sur ordinateur personnel, il est maintenant très facile de communiquer avec d'autres utilisateurs sur le réseau. Le transfert de documents complexes, comme les fichiers binaires et les graphiques, d'un système de courrier électronique à l'autre, demeure exigeant, mais les fichiers texte standard sont assez faciles à transmettre. Cette fonction est utile lorsqu'on travaille en collaboration avec des travailleurs dans d'autres fuseaux horaires ailleurs dans le monde. Elle facilite l'échange de connaissances à l'échelle mondiale. Un des plus grands avantages du nouveau réseau, c'est qu'il fait partie du réseau technologique de la Nouvelle-Écosse (NSTN), ce qui nous a permis de devenir membre d'Internet, qui donne accès à des millions d'ordinateurs à l'échelle de la planète. Les avantages comprennent l'accès à bon nombre de catalogues de bibliothèques partout dans le monde, aux banques de logiciels développés par les gouvernements et les universités, les entreprises et les particuliers, et enfin à la

possibilité de participer à un groupe de discussion avec des gens des quatre coins du globe qui s'intéressent à des sujets communs. Il s'agit d'un moyen formidable pour acquérir et échanger des connaissances. Pour une organisation scientifique, ce type de communication et d'échange de savoir-faire et de logiciels est extrêmement important et avantageux. On améliore sans cesse des outils comme Archie, Veronica, Gopher et Mosaic pour nous aider à trouver de l'information dans cet immense labyrinthe de ressources qu'est Internet.

L'accès à l'équipement spécialisé est une autre caractéristique propre à notre réseau régional et aux logiciels qu'il utilise. Nous avons maintenant accès à des dispositifs de stockage de données quasi illimités grâce au lien réseau avec le système de gestion de mémoire de masse. Il y a des périphériques de sortie coûteux, par exemple la table traçante couleur Versatec, l'appareil de fabrication de diapositives et l'imprimante à sublimation d'encre qui peuvent être utilisés par tous les membres du réseau.

### Systèmes ouverts

En 1992, le secteur des Sciences de la région Fundy/Nouvelle-Écosse du ministère des Pêches et des Océans, de concert avec le Centre géoscientifique de l'Atlantique de la Commission géologique

du Canada, au ministère de l'Énergie et des Ressources, a préparé des spécifications pour la création d'un nouvel environnement informatique ouvert adaptable. La définition du système ouvert a été tirée du document POSIX 1003.0 de l'Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) et se lit comme suit : "(traduction) système à spécifications assez larges qui permet aux interfaces, services et formats d'assurer la portabilité des logiciels d'application conformes aux normes sur un grand éventail de systèmes avec le moins de modifications possible et qui permet d'interagir avec d'autres applications sur les systèmes locaux et éloignés et d'interagir avec les utilisateurs de manière à faciliter la portabilité entre utilisateurs ." Nous recherchons des applications transférables et l'autonomie à l'égard des fournisseurs. Nous avons pour but de remplacer l'ordinateur central Cyber utilisé depuis 1972 par un réseau de stations de travail UNIX très puissantes, qui effectueraient une ou plusieurs des fonctions assurées par l'ordinateur central. Parallèlement, nous souhaitons moderniser le réseau en installant une configuration en anneau à Standard d'interface de données distribuées par fibre optique (FDDI) reliant les nouveaux ordinateurs à un routeur multiprotocole haute vitesse assurant la liaison avec jusqu'à 10 segments Ethernet. Les exigences fonctionnelles définies comprenaient des services d'entrée/sortie et la gestion des périphériques, la gestion de la mémoire de masse, les services VAX/VMS, un serveur de base de données, un serveur d'applications, des services réseau, des services de conversion (à partir des fichiers de l'ancien système Cyber) et des services de gestion répartis. Voir la figure no 2 pour la configuration actuelle de l'IOB en date du mois d'août 1994. Dans une moindre mesure, ces exigences s'appliquaient également à la Station biologique de St. Andrews. Des spécifications rigoureuses ont été rédigées pour une plate-forme et/ou un logiciel qui permettrait de remplir les fonctions ci-dessus. La plate-forme/l'application devait respecter la norme POSIX 1003.1 et être utilisable sous UNIX SVR4.0, Berkeley 4.3 ou l'équivalent. Des objectifs de performance ont été fixés pour tous les systèmes, et la charge maximale d'utilisateurs devait être précisée. Les objectifs ont été évalués en fonction d'un indicateur de performance

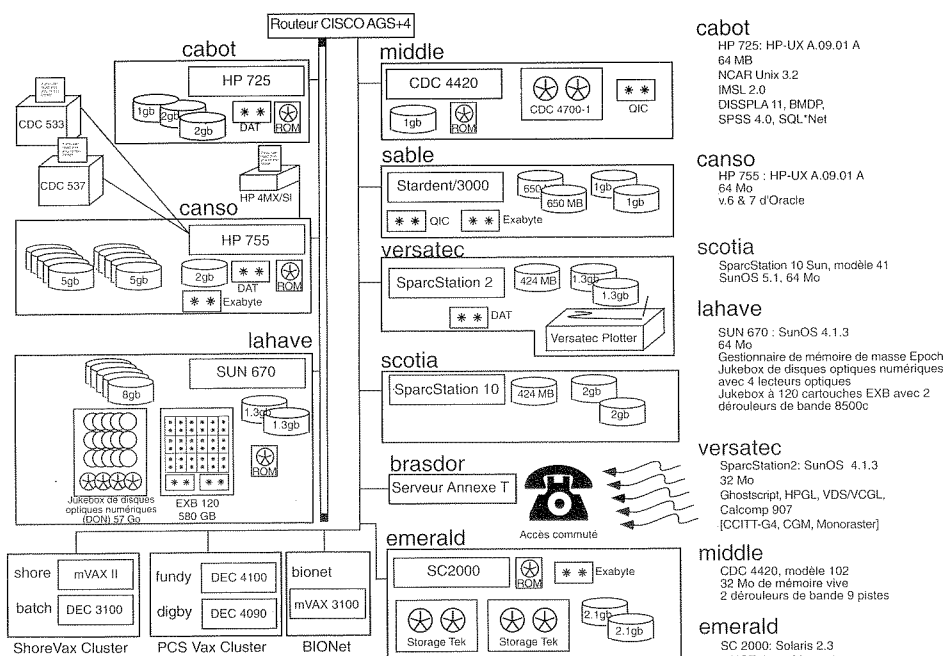


Figure 2: Réseau informatique de l'IOB

AIM qui comprenait entre autres des critères de performance pour les entrées/sorties sur disque et la vitesse de traitement.

Une telle configuration permet de réaliser le travail sur le système approprié. Le travail de base de données, par exemple, est effectué sur un système paramétré de façon à fournir la meilleure performance possible pour le traitement des données. Le traitement de texte est habituellement effectué sur micro-ordinateur, et d'autres travaux, comme la modélisation informatique sont réalisés à l'aide des ordinateurs plus puissants, comme le Stardent et le SC2000. La stratégie consistait à se diriger vers un environnement informatique modulaire qui facilite la mise en correspondance de fonctions informatiques distinctes avec des composants de taille appropriée. De plus, cette stratégie facilite la modification ou le remplacement de composants individuels à mesure que les besoins changent.

L'utilisation sélective de logiciels et de matériel standard offre de nombreux avantages. Il y a toujours eu un certain effort de normalisation à l'intérieur des laboratoires de travail ou des divisions, en partie à cause du soutien qui existait dans le laboratoire ou la division pour des logiciels ou du matériel particuliers.

Puisque nous côtoyons de plus en plus la grande communauté scientifique sur une base horaire grâce à Internet, l'existence de nombreuses normes de facto est devenue évidente. Ces normes se sont imposées parce qu'elles offraient la meilleure solution à un problème particulier dans un contexte où bon nombre d'options différentes étaient utilisées à l'échelle internationale. Les normes de facto utilisées sur Internet sont soumises à des essais rigoureux partout dans le monde. Les normes de facto pour les logiciels, par exemple Telnet, Fetch et Gopher ont survécu à l'épreuve du temps.

D'autres normes, par exemple la norme de base de données Oracle au ministère des Pêches et des Océans, sont des armes à deux tranchants. D'une part, une norme de base de données facilite l'accès aux données et l'échange d'information. D'autre part, le cycle de développement pour la création d'applications en Oracle est à tout le moins fastidieux. Encore là, l'utilisation sélective de normes est essentielle. Par exemple, dans le cadre d'un projet à court terme, on ferait appel à un système de gestion de base de données populaire et facile à utiliser comme Foxbase, Filemaker Pro ou Dbase IV, tandis que pour un projet à long terme de base de données multi-utilisateur, on choisirait plutôt Oracle.

Dans de nombreux domaines, les normes informatiques sont difficiles à établir à cause de l'évolution rapide intrinsèque à l'industrie. Le courrier électronique est l'un des domaines les plus sujets au changement. En effet, cette industrie n'a pas encore élaboré d'ensemble complet de normes permettant la communication entre plate-formes et la transmission de courrier électronique. Nous aurions avantage à suivre de près les progrès de cette industrie et à adopter ses normes lorsqu'elles seront bien établies. Ce n'est pas par hasard que le contenu de la plupart des messages envoyés par courrier électronique est transmis sous forme ASCII.

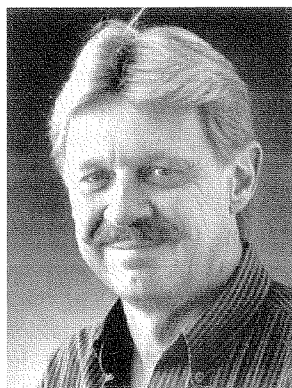
L'orientation future de l'informatique scientifique ira vers la simplification continue, le perfectionnement des logiciels, l'augmentation de la puissance et l'amélioration du rapport coût-efficacité du matériel et l'interconnexion transparente avec les ressources externes.

### Référence bibliographique

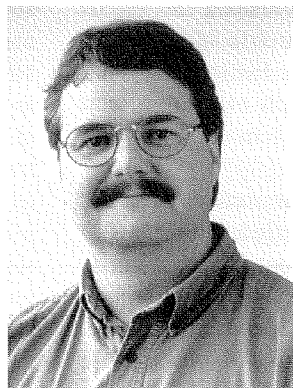
INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, INC. IEEE Standard 1003.1-1988 : Portable operating system interface for computer environments (POSIX), IEEE, New York, NY, 1988.

# Mise sur pied d'une bibliothèque nationale de données géoscientifiques numériques et d'un service d'information public : la chance d'une vie

K.D. McAlpine et K.C. Coflin



K.D. McAlpine



K.C. Coflin

En 1993, le Centre géoscientifique de l'Atlantique (CGA) a eu l'honneur, au nom de la Commission géologique du Canada (CGC) et des citoyens du Canada, de recevoir de l'industrie pétrolière des données géophysiques et géologiques numériques d'une valeur de \$ 100 000 000. Ces informations couvrent la plupart des bassins sédimentaires marins (et certains bassins continentaux) du Canada oriental à l'Arctique, notamment la plate-forme Néo-Écossaise, le golfe du Saint-Laurent, les Grands Bancs, la plate-forme du Labrador, la baie d'Hudson, la baie de Baffin, l'archipel arctique, l'océan arctique, la mer de Beaufort, et le Yukon et les TNO (figure 1).

Ces données ont été léguées par les sociétés Husky Oil et Pétro-Canada en reconnaissance de la collaboration scientifique fructueuse et continue qui s'est développée entre l'industrie pétrolière et la CGC, et en particulier de l'expertise du CGA en matière d'interprétation et de traitement des données scientifiques. Ce don de données scientifiques, sans précédent par son ampleur et par sa nature au Canada et ailleurs dans le monde, combiné avec la technologie de pointe en matière de station de travail, place la CGC aux premiers rangs de la recherche sismique marine et de l'analyse des bassins.

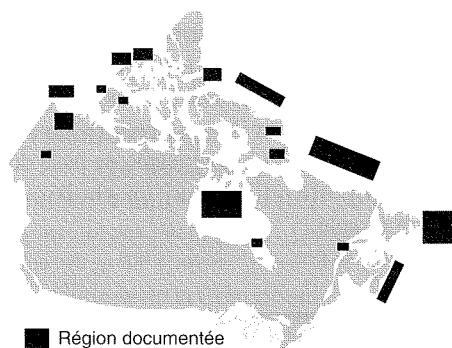


Figure 1 : Carte illustrant les régions couvertes par les données disponibles à la Bibliothèque nationale de données géoscientifiques numériques.

La conservation adéquate des données et l'encouragement de leur exploitation pour des recherches en collaboration figurent explicitement parmi les termes des accords de donation. Ces accords prévoient l'accès aux données non seulement pour la Commission, mais également pour d'autres organismes de recherche et universitaires au Canada et dans le monde. Afin de prêter assistance à l'industrie pétrolière, aux universités et à la communauté géoscientifique internationale, le CGA a mis sur pied un centre d'information géoscientifique pour encourager la recherche sur la formation et l'évolution des



Figure 2 : Entrepôt de bandes magnétiques de la Husky Oil à Calgary; on aperçoit quelques-unes des 65 000 bandes magnétiques avant leur déménagement à Dartmouth.

bassins sédimentaires, y compris sur leur potentiel pétrolier et gazier. Ce centre comprend de nouveaux postes de travail d'EXploration Assistée par Ordinateur (EXAO) qui sont à la pointe du progrès et dotés de capacités de traitement de l'information sismique et d'interprétation tridimensionnelle.

Les données sont enregistrées sur plus de 65 000 bandes magnétiques d'un demi-pouce à neuf pistes (figure 2) et consistent essentiellement en profils sismiques de canaux multiples enregistrés sur le terrain et traitées. Il y a plus de 100 000 kilomètres de bandes de données sismiques comprenant des profils de reconnaissance (de plus de 100 km de longueur), des profils régionaux (de 1 à 5 km d'espacement), des

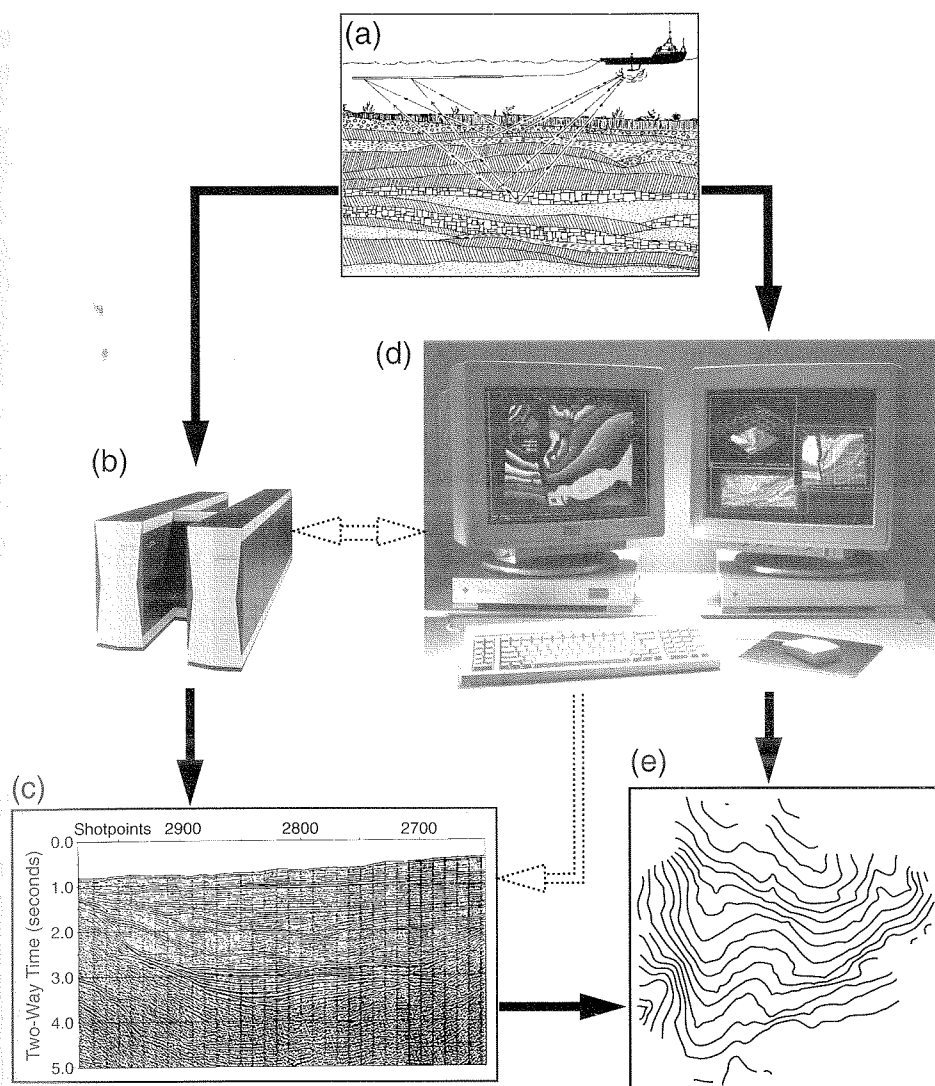


Figure 3 : Comment les données sismiques obtenues par réflexion multicanale sont acquises, traitées et interprétées - l'ancienne manière, a/b/c/e, et la nouvelle manière, a/d/e.

profils détaillés (orientés vers la prospection) et des relevés tridimensionnels (de 25 à 50 m d'espacement). La donation comprend en outre des relevés sur le site de forage à haute résolution, des données obtenues par balayage latéral et des données de terrain de sismique-réfraction et de potentiel électrique. Le déménagement de cette quantité colossale de bandes magnétiques et de matériaux associés de Calgary à Dartmouth a nécessité l'emploi de 8 semi-remorques à suspension spéciale et à température contrôlée! Pour stocker ces informations au nom de la Commission, le CGA a mis sur pied un partenariat avec les Archives nationales du Canada. Ce stockage a nécessité des travaux d'amélioration à la bibliothèque actuelle de bandes magnétiques du Centre des documents fédéraux de Halifax financés

conjointement par Ressources naturelles Canada et par Patrimoine Canada.

Les données obtenues par sismique multicanale sont utilisées pour interpréter la stratigraphie et la structure des roches jusqu'à des dizaines de kilomètres sous la surface de la Terre. Dans le domaine marin, des navires sismiques spécialement conçus équipés d'une source d'énergie (généralement un canon à air), d'un câble ou « flûte » ou « traîne sismique » (d'environ 3 000 m de longueur et renfermant de nombreux hydrophones) et d'instruments d'enregistrement à bord mesurent le temps de propagation aller-retour de l'énergie acoustique réfléchi par les couches sédimentaires d'un bassin (figure 3a). Les données enregistrées sont traitées sur terre ferme dans des centres de

traitement sophistiqués (figure 3b). Pendant des décennies, des copies sur papier en noir et blanc constituaient le seul moyen de visualiser et d'interpréter les données sismiques (figure 3c). Les réflecteurs sismiques sur ces copies étaient coloriés à la main, les temps de trajet étaient laborieusement reproduits sur une carte et l'ensemble des lieux à valeurs égales étaient reliés par des isolignes (figure 3e). L'arrivée au début des années 80 des postes de travail géophysiques et des logiciels associés a constitué une percée technologique qui a révolutionné la manière dont les interprètes de l'industrie pétrolière analysent les données sismiques (figure 3d). Ces postes de travail permettent d'analyser les données de façon interactive; les interprétations élaborées de la sorte peuvent être confiées à des imprimantes ou à des traceurs de grand format, supprimant ainsi le besoin de copies en papier. Depuis peu, des postes de travail et de nouveaux logiciels plus puissants permettent à l'utilisateur de traiter directement les données sismiques brutes, rendant souvent superflu le recours à d'importantes installations de traitement. En fait, les scientifiques du CGA ont été parmi les premiers, en dehors de l'industrie pétrolière, à traiter en mer les données obtenues par sismique multicanale. Cela s'est produit en 1992 au cours d'une campagne dans le cadre du Programme de forage océanique à l'est de Terre-Neuve, en coopération avec l'institut de recherche français IFREMER.

Malheureusement pour la communauté des chercheurs, les données sismiques numériques recueillies par l'industrie pétrolière étaient en général considérées strictement confidentielles. Les analystes des bassins sédimentaires gouvernementaux et universitaires (à quelques rares exceptions près) ont dû se contenter de copies sur papier obtenues par l'intermédiaire d'agences régulatrices gouvernementales de l'industrie pétrolière ou prêtées directement par des employés de l'industrie. Aujourd'hui, muni d'une base de données sismiques numériques couvrant tous les bassins sédimentaires peu explorés au Canada, de la marge Néo-Écossaise au haut Arctique (figure 1), le CGA se trouve dans une position privilégiée pour participer à la révolution de l'EXAO. Car il a mis sur pied un centre d'études sismiques accessible au public et doté

d'outils d'interprétation et de traitement à la pointe du progrès comme on en trouve en général uniquement dans les grandes sociétés d'exploration pétrolière.

## Historique des donations de données

Années 1970 et 1980 • Le CGA réalise des travaux novateurs de cartographie et d'évaluation des ressources pétrolières et gazières des bassins sédimentaires peu explorés de l'est et du nord du Canada. Ces travaux suscitent une collaboration et des partenariats avec l'industrie pétrolière canadienne.

1991 • La société Husky Oil entame des discussions avec le CGA concernant son intention de céder sa base de données sismiques numériques de pointe à la CGC.

Mars 1992 • Signature avec Husky d'un accord de donation.

Avril • Pétro-Canada entame des discussions avec le CGA.

Juillet • Le CGA s'engage en partenariat le Centre des documents fédéraux de Halifax, qui relève des Archives nationales du Canada (Patrimoine Canada), à conserver les bandes de données.

Novembre • Signature avec Pétro-Canada d'un accord de donation.

Janvier 1993 • Des étagères spéciales sont installées dans les locaux climatisés du Centre des documents fédéraux de Halifax pour accueillir les 65 000 bandes magnétiques.

Mars 8 • semi-remorques à température contrôlée et à suspension spéciale transportent les données de Calgary à Dartmouth.

Mai • Lancement d'un projet-pilote de mise sur pied d'une base de données pour un Système d'information géographique (SIG) afin d'assurer la conservation et l'accessibilité des bandes de données.

Septembre • Signature d'un autre accord de donation avec la société Pembina Oil.

Décembre • Le service public de traitement et d'interprétation est mis sur pied au CGA.

## Accords de donation

### Principes généraux

- La CGC est reconnue comme le conservateur national approprié des données. Cela est conforme à la vocation croissante de la CGC comme conservateur et fournisseur de la base d'informations géoscientifiques nationale.

- La CGC peut utiliser ces données à des fins de recherche et de développement conceptuel/technologique.

- La recherche scientifique en collaboration avec des organismes à but non lucratif est encouragée à travers le Canada et dans le monde entier.

- Les sociétés donatrices se réservent les droits commerciaux d'exploitation des données. La CGC et les agences collaboratrices (qui sont également liées par les termes du contrat) ne peuvent utiliser les données pour l'exploration de ressources ou pour conseiller de tierces parties. Toutes les recherches/publications scientifiques doivent être entreprises dans la reconnaissance que les compagnies donatrices sont les propriétaires des données.

- La responsabilité de la CGC eu égard aux données se limite à leur conservation dans le cadre des lois fédérales/provinciales et en conformité avec les normes de l'industrie pétrolière.

### Bénéfices pour le Canada

- Un élément du patrimoine canadien sera conservé. La bibliothèque empêchera la perte de précieuses données et permettra de planifier de manière plus efficace de futures acquisitions de données.

- La communauté de recherche canadienne a désormais accès à un ensemble unique de données géophysiques numériques, y compris à des données provenant de régions très éloignées qui ne seront peut-être pas explorées de nouveau dans un avenir prévisible. Le format numérique des données permet des analyses poussées avec la technologie des postes de travail, notamment des travaux de retraitement et d'interprétation afin d'approfondir l'étude d'analyse des bassins et l'évaluation des ressources pétrolières et gazières.

- En mettant les chercheurs canadiens sur le même pied technologique, la collaboration et la communication sont facilitées entre les sociétés pétrolières, les gouvernements, les universités et les instituts de recherche canadiens.

- Le Service de la clientèle est devenu une source d'aide précieuse pour l'enseignement universitaire de premier cycle et pour les recherches menées par les étudiants de cycle supérieur et par les universitaires sur l'analyse des bassins et stimulera la recherche non commerciale sur le traitement des données sismiques. Jusqu'ici, huit étudiants universitaires ont été formés au CGA dans l'utilisation de la technologie des postes de travail sismiques, ce qui leur fournit une expertise exceptionnelle et précieuse pour l'obtention d'un futur travail.

### Avantages pour le secteur privé

De manière générale, l'industrie pétrolière canadienne accroît actuellement sa compétitivité grâce à de nouveaux concepts et à de nouvelles technologies recueillis et publiés par la CGC et d'autres chercheurs des milieux non industriels utilisant ces technologies de pointe. Il est à souhaiter que des recherches combinant des données numériques jusqu'ici non disponibles avec des travaux actuels d'analyse des bassins contribueront à réduire les risques en exploration pétrolière, compensant ainsi les effets économiques d'une raréfaction des ressources de base et d'une diminution des prix mondiaux. On peut entrevoir la mise sur pied au Canada et à l'étranger de nouveaux projets très novateurs suscitant le développement de nouvelles théories sur l'évolution des bassins sédimentaires et sur la découverte de nouvelles zones pétrolifères et gazières grâce à la combinaison de ces données numériques avec d'autres ensembles de données déjà disponibles auprès des gouvernements et des universités.

De manière spécifique, les compagnies donatrices s'imposent aux échelles nationale et internationale comme chefs de file pour l'encouragement de la recherche. Elles ont rendu accessibles les prolongements fructueux des données qui découleront de travaux de retraitement, de réinterprétation et de reformatage. Elles profitent en outre d'une étroite collaboration avec des équipes de recherche de la CGC tout en conservant la totalité des droits commerciaux relatifs aux données.

## Le Centre d'interprétation et de traitement sismiques

Pour venir en aide aux clients et aux collaborateurs de l'industrie pétrolière, des universités et de la communauté géoscientifique internationale, le CGA a mis sur pied un centre d'information géoscientifique (Centre pour la clientèle) dans le but d'encourager la recherche sur la formation et l'évolution des bassins sédimentaires, y compris sur leur potentiel pétrolier et gazier. Le centre comprend un nouveau poste de travail d'EXAO à la pointe du progrès doté d'installations pour la cartographie, le traitement sismique et l'interprétation tridimensionnelle. Il est désormais possible d'intégrer les importantes bases de données d'informations géologiques déjà disponibles auprès de la CGC aux données sismiques numériques récemment acquises. Il s'agit du seul système pleinement intégré de ce genre à la CGC, systèmes qui sont rares en dehors de l'industrie pétrolière. Le Centre a pour objectif d'utiliser au maximum les données numériques entreposées dans la bibliothèque afin que se concrétisent le plus possible les bénéfices décrits ci-dessus et qu'une technologie qui était jusqu'ici le seul apanage des grandes entreprises commerciales soit à la disposition d'un beaucoup plus grand nombre de chercheurs et d'étudiants. Il est en outre prévu que les géoscientifiques ne pouvant se prévaloir sur place des services du Centre pourront avoir accès à distance à une partie de ces services par l'intermédiaire d'Internet.

### Caractéristiques techniques

Le Centre pour la clientèle consiste en un poste de travail Sun SPARC 10/51 comprenant deux moniteurs de 19", environ 9 gigaoctets de mémoire à disque, un lecteur pour disques optiques numériques, un mécanisme d'entraînement de bande magnétique 8 mm à balayage hélicoïdal et à haute densité et un traceur Versatec noir et blanc de 22" et permet l'accès à un mécanisme d'entraînement de bande magnétique à 9 pistes. De plus, ce système est relié par réseau à un traceur Versatec couleur de 44".

Le logiciel du système comprend un logiciel interactif d'interprétation de données obtenues par sismique-réflexion multicanale et monovoie Landmark Graph-

ics Seis Works 2-D et 3-D, Insight 1, version 5.1 (progiciel de traitement de données sismiques bidimensionnel à fonctions complètes) et un logiciel de cartographie Zycor Z-Map Plus. Tous ces progiciels sont des programmes commerciaux à attributs complets utilisés couramment dans l'industrie des hydrocarbures. Les logiciels sont pleinement intégrés à une base de données unique permettant des échanges d'information presque directs entre modules et progiciels individuels.

Les progiciels d'interprétation sismique, Seis Works 2-D et 3-D, fournissent aux analystes et aux chercheurs des capacités d'interprétation accrues en leur offrant un environnement de visualisation flexible et diversifié qui serait hors de portée des coupes sismiques traditionnelles sur papier. Outre les avantages relatifs à la visualisation, le traitement interactif d'images et l'analyse d'attributs sont également disponibles, ce qui offre de nouvelles perspectives aux utilisateurs et des capacités nouvelles d'extraire de l'information géologique.

Le procédé consistant à transformer les données obtenues par sismique-réflexion multicanale de données brutes en profil sismique interprétable est une tâche complexe et nécessitant beaucoup de calculs. La théorie et la pratique du traitement des données de sismique-réflexion se sont développées au cours des 30 dernières années au sein de l'industrie pétrolière. Ce n'est qu'au cours des cinq dernières années que cette technologie est devenue accessible non seulement à partir des unités centrales de traitement et des superordinateurs, mais aussi à partir des postes de travail de bureau; elle est donc désormais d'emploi beaucoup plus facile et de prix plus abordable. Le progiciel de traitement sismique Insight 1 est un des outils de référence de l'industrie; il est également utilisé par les communautés de recherche universitaires (LITHOPROBE) et gouvernementales (la CGC à Ottawa et à Sydney, C.-B.). Ce progiciel offre aux utilisateurs du Centre la capacité d'améliorer les profils existants au moyen de logiciels étendus pour imageurs ou de retraiter complètement d'anciennes données pour élaborer de nouveaux profils en mettant à profit les approches et algorithmes de traitement modernes.

Les données sismiques interprétées sont présentées sous forme de cartes grâce au progiciel Z-Map Plus, qui rend le travail de cartographie des traits géologiques plus facile qu'au moyen des techniques traditionnelles. Z-Map Plus, qui offre des options de cartographie sophistiquées, a été spécialement conçu pour des applications géologiques. Il permet à l'utilisateur d'entrer de nombreuses données et d'effectuer un travail d'édition, de manière non seulement à ce que les cartes produites soient techniquement exactes, mais à ce qu'elles traduisent son interprétation du problème traité en mettant en valeur ses propres connaissances géologiques.

Entre autres services qui sont accessibles au moyen du réseau local du CGA figure un poste de travail d'interprétation 2-D Sun SPARC 10/41 spécialisé, qui est doté d'un logiciel d'interprétation géologique Strat Works de Landmark. Ce logiciel est conçu pour traiter les informations pétrophysiques et géologiques dans un environnement interactif, de la même manière que fonctionne le logiciel d'interprétation sismique avec les profils sismiques. Un avantage important qu'offre ce système pour le Canada oriental océanique provient du fait que le CGA a déjà numérisé la plus grande partie des informations géologiques et pétrophysiques provenant de forages exploratoires et que ces données peuvent être facilement incorporées à la base de données Strat Works. Strat Works est pleinement compatible avec Seis Works et Z-Map Plus, offrant de la sorte un environnement d'interprétation intégré.

Ce Centre pleinement intégré offre la capacité de traiter, manipuler, interpréter et cartographier des informations géologiques fondées sur des données de sismique réflexion et de nature géologique à un niveau exceptionnel en dehors des entreprises commerciales. Bien que ces progiciels eussent été conçus par et pour l'industrie pétrolière, ils peuvent également être utilisés pour d'autres applications telles que le traitement et l'interprétation des données sismiques à haute résolution fréquemment recueillies au cours des études environnementales. Les géologues du milieu marin du CGA disposent ainsi d'une technologie qui leur était jusqu'ici inaccessible.



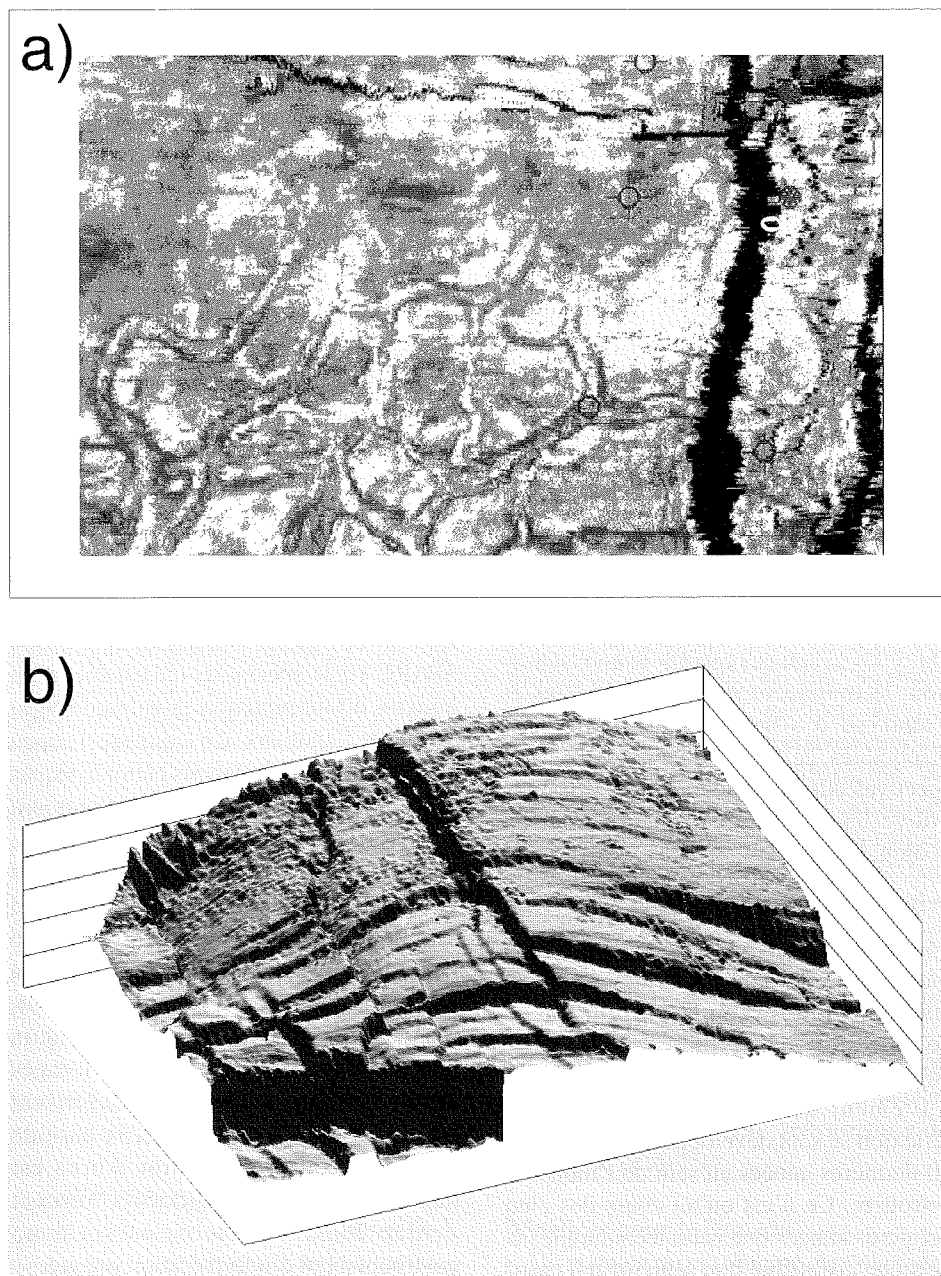


Figure 4 : Deux exemples d'interprétations réalisées au moyen de la technologie des postes de travail : (a) carte d'amplitude sismique (section) d'une discordance et (b) vue tridimensionnelle en perspective d'une surface faillée.

### Exemples d'interprétation

La figure 4 montre des images de deux surfaces enfouies du champ pétrolifère de Terra Nova dans le bassin de Jeanne d'Arc, au large de Terre-Neuve. Aucune de ces visualisations n'aurait été possible avant la venue, au cours des années 80, des techniques de relevés sismiques océaniques tridimensionnels et des postes de travail interactifs. Il est à noter que la faille dans la partie gauche de la figure 4a et celle dans la partie centrale de la figure 4b sont en

fait une seule et même faille. Dans la figure 4a le nord est orienté vers le haut et dans la figure 4b, vers le bas.

La figure 4a reproduit une carte d'amplitude d'horizon (tranche) de la discordance kimméridgienne, au Jurassique supérieur (Enachescu, 1993; Enachescu et McAlpine, 1992). On peut y distinguer un spectaculaire système de paléodrainage. Cette surface est vieille d'environ 155 millions d'années et gît maintenant entre 3 000

et 3 400 mètres en dessous du plancher océanique. Des méandres, des lacs en croissant et au moins deux générations de chenaux sont clairement visibles. Cette image a été obtenue par cartographie des variations d'amplitude le long d'un réflecteur choisi dans un espace tridimensionnel de données sismiques.

La figure 4b est une image tridimensionnelle en perspective avec relief ombré créée au Service pour la clientèle du CGA par John Shimeld, dans le cadre de sa thèse de maîtrise à l'université Dalhousie. Cette image est une interprétation détaillée d'un ensemble tridimensionnel de données sismiques; on y voit clairement les reliefs de faille du marqueur "B", une unité de calcaire vieille de 138 millions d'années du Crétacé située à quelque 900 mètres au-dessus de la discordance kimméridgienne. Les failles dont le déplacement vertical est inférieur à 10 millisecondes (environ 30 mètres à cette profondeur) sont visibles sur l'image. Ces travaux de recherche sont axés principalement sur l'influence des failles sur la migration des hydrocarbures dans le bassin de Jeanne d'Arc.

### L'avenir

Le volume considérable de données et la diversification des types de données dans la Bibliothèque nationale de données géoscientifiques numériques présentent certains problèmes lorsqu'il s'agit de chercher des données spécifiques dans un domaine d'intérêt particulier. Aussi une interface basée sur un Système d'information géographique est-elle présentement en voie de développement pour faciliter l'accès aux données. Cette interface offrira aux utilisateurs une vision géographique de la localisation des données et une clé visuelle des types de données disponibles. Lorsque ce service sera relié aux informations du SIG déjà à la portée du CGA, il offrira un outil puissant de collecte rapide et efficace de l'information nécessaire pour répondre à des questions géologiques et environnementales spécifiques.

### Conclusions

1. La CGC a reçu sous forme de donation des ressources en données sismiques d'intérêt national, dont certaines proviennent de régions qui ne seront peut-

être pas explorées de nouveau dans l'avenir prévisible. Ce don a été accordé en reconnaissance des rapports constructifs de la CGC avec l'industrie énergétique. On estime que le coût d'acquisition et de traitement des données reçues dépasse les \$ 100 000 000.

2. Cette ressource nationale est conservée comme partie intégrante de la Bibliothèque nationale de données géoscientifiques numériques. Elle est à la disposition des chercheurs scientifiques actuels et futurs pour servir les intérêts en matière d'énergie et d'environnement de tous les Canadiens.

3. Le CGA a mis sur pied un Service pour la clientèle à la pointe du progrès pour le traitement et l'interprétation des données géophysiques et géologiques numériques.

Ce Service, en voie de développement, sera à la disposition de la communauté des chercheurs universitaires et d'organismes à but non lucratif pour encourager les recherches en collaboration sur la formation et l'évolution des bassins sédimentaires, y compris sur leur potentiel pétrolier et gazier.

4. La mise sur pied du Service s'est puissamment répercutée sur la manière dont le CGA interprète les données souterraines et le potentiel pétrolier et gazier des bassins peu explorés du Canada. Le Service offre en outre des applications non traditionnelles, par exemple pour le traitement et l'interprétation des données sismiques relatives à des études environnementales.

5. Le CGA continue à jouer un rôle de chef de file dans les domaines de l'énergie et de l'environnement en servant sa clientèle de manière profitable pour l'ensemble du Canada.

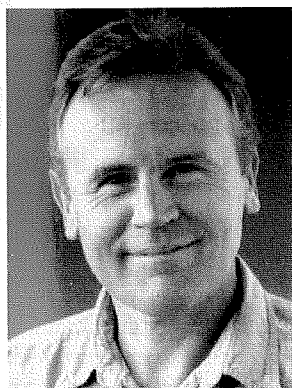
### Références

ENACHESCU, M.E. 1993. Amplitude interpretation of 3-D reflection data. *The Leading Edge*. Vol. 12, No. 6: 678-685.

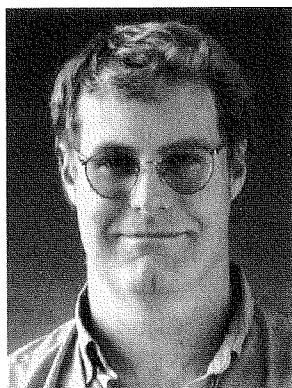
ENACHESCU, M.E. and K.D. MCALPINE, 1992. Three-dimensional seismic imaging of a Kimmeridgian paleo-drainage system in the south Jeanne d'Arc Basin, Grand Banks of Newfoundland. In *Program with Abstracts, Geological Association of Canada/Mineralogical Association of Canada Joint Annual Meeting*, Wolfville, May 25-27, 1992, v. 17, A117 p.

## Instrumentation pour l'observation in situ de la géodynamique des sédiments marins

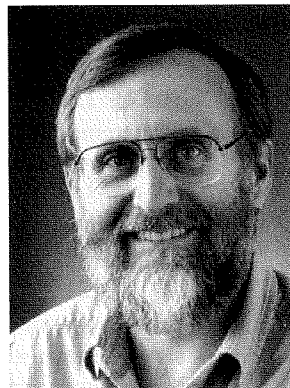
C.L. Amos, H.A. Christian, D.E. Heffler et W. MacKinnon



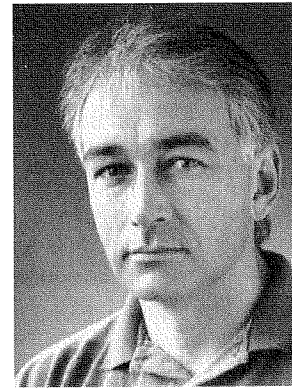
C.L. Amos



H.A. Christian



D.E. Heffler



W. MacKinnon

### Introduction générale

La géodynamique des sédiments marins est le terme collectif qu'on utilise pour décrire les forces contrôlant le mouvement des sédiments sur le fond marin dans l'environnement océanique et la réaction résultante des sédiments. Cette réaction se manifeste d'un côté par des mouvements de masse comme les glissements et la liquéfaction et, de l'autre côté, par le trans-

port particule par particule dans la charge de fond ou en suspension (Hodgins et al., 1986). Il existe une variation continue des échelles de mouvement entre ces deux extrêmes. Les glissements sont généralement considérés comme catastrophiques, puisqu'ils sont déclenchés par des événements imprévisibles tels que des tremblements de terre, une sédimentation rapide ou un contenu élevé

en gaz dans le fond marin. Un exemple bien connu de glissement massif est celui des Grands Bancs en 1929 (Piper et Normark, 1982). De tels glissements sont rares, mais ils peuvent atteindre une ampleur considérable. Il est essentiel d'obtenir sur place des informations sur la susceptibilité de liquéfaction des sédiments pour pouvoir déterminer le potentiel de glissement ou le début de la liquéfaction.

Le transport particule par particule (également appelé transport sédimentaire) est contrôlé par des facteurs hydrodynamiques et biologiques agissant sur le fond marin (Middleton et Southard, 1984). Parmi ces facteurs on compte les mouvements oscillatoires de vague sous l'influence de vagues de gravité de surface ou de vagues internes déferlantes; les écoulements moyens résultant des courants de marée; les courants dus au vent; les girations océaniques incidentes et les courants de densité. Le transport sédimentaire engendre à court terme des effets moins évidents, mais souvent de longue durée. L'impact du transport sédimentaire peut être considéré comme permanent et son influence globale peut être supérieure à celle des glissements. Il a lieu dans presque tous les milieux marins, des estrans de la baie de Fundy (Amos et Long, 1980) aux profondes plaines abyssales océaniques (Hill et al., 1990). Le transport sédimentaire est un facteur important dans les reconstitutions géologiques, dans l'exploration des minéraux placériens, dans l'évaluation des impacts environnementaux et dans l'évaluation des risques liés aux travaux d'ingénierie.

Des études de géodynamique sédimentaire sont présentement en cours sur des problèmes pratiques fort divers, notamment : (1) l'évaluation de la stabilité du front de delta du fleuve Fraser, question dont on se préoccupe dans le sud de la Colombie-Britannique (Christian, 1993; Hart et al., 1992); (2) la détermination de la stabilité des sites de décharge de matériaux dragués dans les eaux côtières; (3) l'évaluation du potentiel d'affouillement des installations sur le fond marin; et (4) la détermination des taux d'enfouissement des câbles électriques dans le détroit de Georgia, C.-B. Dans le cas des sites contaminés, il est souhaitable de déterminer la vitesse avec laquelle les composés chimiques dissous sont transportés par des eaux interstitielles d'advection vers la colonne d'eau, de même que les conditions dans lesquelles il pourrait y avoir instabilité du fond marin. Les études géophysiques dans les zones à forte concentration gazeuse nécessitent une meilleure connaissance de la réalité de terrain pour l'évaluation des risques géologiques sur le fond marin pouvant menacer le développement.

Les facteurs influençant le transport sédimentaire en milieu marin sont extrêmement complexes et mal connus. Aussi la Commission géologique du Canada a-t-elle conçu, développé et testé une série d'instruments dans le but d'observer les instabilités du fond marin et de comprendre les facteurs qui sont à l'origine de ces instabilités. Parmi ces instruments figurent le Carrousel de mer, l'Observatoire submersible de stabilité benthique (OSSB), RALPH, LANCELOT et EXCALIBUR.

### Le Carrousel de mer

Le Carrousel de mer, nommé d'après les carrousels de Postma (1967) et de la société Hydraulic Research (Burt, 1984), est un tube annulaire benthique conçu pour le travail de terrain en régions intertidales et subtidales. Il mesure 1,0 m de rayon; sa partie toroïdale est de 0,15 m de largeur et de 0,30 m de hauteur (figure 1). Fabriqué entièrement d'aluminium, il pèse environ 150 kg à l'air libre et 40 kg dans l'eau. La circulation dans le tore est induite par la rotation d'un couvercle mobile actionné par un moteur à courant continu de 0,35 cheval-vapeur commandé à partir de la surface. Huit palettes disposées à équidistance l'une de l'autre sous le couvercle, assurent la circulation d'eau dans le tore. Le Carrousel est muni de trois détecteurs de rétrodiffusion optique (DRO; Downing, 1983). Deux d'entre eux sont logés discrètement sur la paroi interne du tore à des hauteurs de 0,03 et 0,18 m au-dessus de la jupe (la jupe est une ailette horizontale fixée autour de la paroi externe du tore, 0,04 m au-dessus de la base; elle a été conçue dans le but de standardiser la pénétration du tube dans le fond marin). Le troisième DRO peut mesurer la concentration de

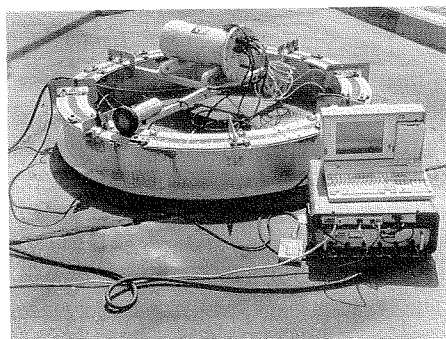


Figure 1 : Le Carrousel de mer - un tube annulaire benthique.

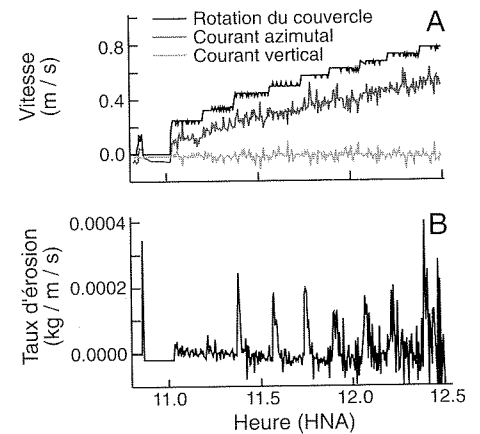


Figure 2 : Série chronologique de résultats fournis par le Carrousel de mer, déployé sur l'estran vaseux du bassin des Mines, baie de Fundy : (A) rotation du couvercle et vitesses de courant azimutale et verticale, et (B) taux d'érosion sédimentaire (kg/m/s).

particules dans le milieu ambiant autour du tore, ou encore la concentration de sédiments internes à une hauteur spécifique entre les deux autres DRO. Les senseurs DRO réagissent de manière linéaire à la concentration de particules (de taille donnée) de boue ou de sable dans un intervalle de concentrations variant de 0,1 à 50 g/l (Downing et Beach, 1989). Un orifice d'échantillonnage, à travers lequel des échantillons d'eau peuvent être prélevés, a été ménagé dans la paroi externe du tore à une hauteur de 0,2 m au-dessus de la jupe. Il sert à étalonner les trois détecteurs lorsque les échantillons sont bien mélangés.

L'écoulement au sein du carrousel est déterminé au moyen d'une relation entre vitesse azimutale et vitesse de rotation du couvercle décrite dans Amos, Grant et al. (1992). Les vitesses de rotation tangentielles du couvercle sont mesurées par un codeur situé en extrémité de tige et reposant sur le couvercle. Les vitesses de courant tangentiel ( $U_y$ ) et vertical ( $U_w$ ) sont mesurées par un débitmètre Marsh-McBirney EM (modèle 513) installé à environ 0,16 m au-dessus du fond marin. Les panneaux de commande pour chaque détecteur et la source d'énergie (12 V DC) sont logés dans une nacelle immergée située au-dessus du tore. Les tensions de sortie de tous les capteurs sont numérisées et transformées en unités scientifiques par un collecteur de données Campbell Scientific © CR10 et emmagasinées dans un module-mémoire Campbell Scientific © SM192

(avec une capacité de mémoire de 96 000 données), également logés dans la nacelle. Le collecteur de données est interrogé et programmé à partir de la surface au moyen d'un ordinateur relié au collecteur de données par une interface de jonction de type RS232. La vitesse d'échantillonnage maximale de tous les canaux est d'environ 2 Hz, alors que  $U_y$  et  $U_w$  peuvent être recueillis à des vitesses allant jusqu'à 10,66 Hz. Tous les canaux peuvent être surveillés et visualisés au moyen de l'ordinateur de surface, ce qui permet à l'opérateur de contrôler l'expérience de manière interactive. On fait varier dans le temps l'effort de cisaillement dans le fond marin en variant la puissance fournie au moteur immergé (0 à 350 watts) à l'aide d'une source d'énergie de surface. Les données recueillies pendant chaque déploiement peuvent être téléchargées par le câble RS232 à la fin de chaque expérience et le module-mémoire peut être réinitialisé.

Une fenêtre a été pratiquée dans la paroi interne du tube pour permettre l'observation et la description des aspects mécaniques de la rupture du fond marin. Les observations visuelles sont réalisées au moyen d'une caméra vidéo Sony Handyman 8 mm, de modèle CCD-V11, logée dans un châssis sous-marin. L'éclairage est assuré par deux ampoules de 100 watts sous-marines alimentées à partir de la surface. Le châssis est doté d'une lentille qui corrige les distorsions géométriques sous l'eau : il permet donc des changements précis d'échelle des images. La caméra capte 60 images à la seconde. Un câble coaxial relie la caméra à un moniteur en surface, permettant ainsi la détection et l'enregistrement en temps réel. Les images vidéo séquentielles sont numérisées pour permettre la mesure de la trajectoire des particules à diverses hauteurs au-dessus du fond marin, après quoi des profils de vitesse sont élaborés. À partir de ces profils, l'épaisseur de la composante logarithmique de la couche limite benthique est déterminée et les vitesses de friction calculées. Ces dernières valeurs peuvent ensuite être comparées avec des mesures effectuées en laboratoire.

Les résultats fournis par le Carrousel de mer et les interprétations de ces résultats sont donnés dans Amos, Daborn et al. (1992). Un exemple en est fourni à la figure 2. Il illustre une série chronologique

enregistrée sur les estrans vaseux du bassin des Mines, dans la baie de Fundy. La figure 2A illustre les augmentations discontinues de la vitesse de rotation du couvercle et de la vitesse du courant au cours de l'expérience, et la figure 2B les taux associés d'érosion du fond marin ( $\text{kg/m}^3/\text{s}$ ). À noter les taux élevés d'érosion au début de chaque accroissement de la vitesse du courant. De telles expériences donnent la résistance du fond marin à l'érosion en fonction de la profondeur en dessous de la ligne de boue et le taux d'érosion. Il s'agit de paramètres de contrôle importants du transport sédimentaire.

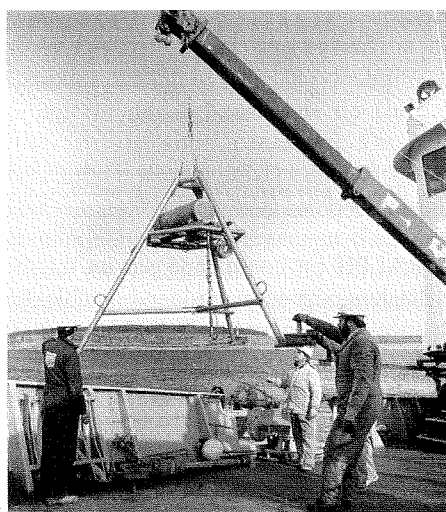


Figure 3 : L'OSSB - trépied multiparamétrique benthique pour la détection de remises en suspension

### L'Observatoire submersible de stabilité benthique (OSSB)

L'Observatoire submersible de stabilité benthique (OSSB) est un trépied benthique muni de six détecteurs de rétrodiffusion optiques (DRO; Downing et Beach, 1989), d'un capteur de pression et d'une caméra vidéo orientée vers le bas Hi8 Sony © enregistrant des rafales d'imagerie selon des intervalles et des durées de temps préprogrammés (figure 3). Le capteur DRO inférieur est orienté vers le bas à une hauteur de 0,13 m au-dessus de la base. Les cinq autres capteurs sont situés de 0,16 à 1,8 m au-dessus de la base selon une progression logarithmique : 0,16 m; 0,27 m; 0,41 m; 0,95 m; 1,80 m. La caméra vidéo Sony Hi8 est logée dans un châssis subaquatique Amphibico ©. Elle est

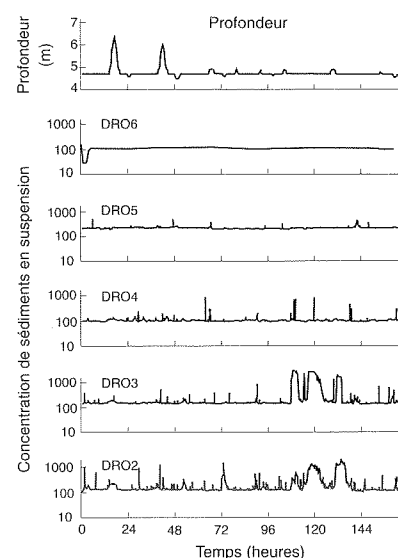


Figure 4 : Série chronologique des résultats fournis par l'OSSB déployé dans la partie interne de la baie de Miramichi. Les tracés indiquent les concentrations de sédiments en suspension telles que mesurées par les capteurs DRO 2-6 (le DRO 1 était enfoui) et la profondeur d'eau. À noter les trois épisodes de remise en suspension près du fond, engendrés par la forte activité des vagues.

installée 0,43 m au-dessus de la base du trépied et est orientée à environ 45° de l'horizontale de manière à ce que le champ de vision soit d'environ 1 m. Le fond marin est illuminé par deux ampoules de 75 watts Amphibico © orientées perpendiculairement au champ de vision de la caméra. Deux clinomètres AccuStar ©, logés dans la nacelle sous pression, fournissent des informations sur l'attitude du trépied par rapport à l'horizontale le long de deux axes orthogonaux. Ces capteurs sont sensibles à des changements de 0,07°. Un capteur de pression Data Instruments © enregistre des pressions hydrostatiques allant jusqu'à 200 psi (132 m), avec une sensibilité de 1 psi (0,7 m). Ce système est actionné par deux batteries de 12 volts Sonnichsen © pouvant fournir 126 amp.-heures d'énergie. La commande du système et la collecte de données sont assurées par un collecteur de données Tattletale © 6 relié à un disque dur de 20 mégaoctets. Les données fournies par chacun des capteurs DRO et par le capteur de pression sont recueillies à une vitesse de 1 Hz et emmagasinées sur le disque dur. À cette vitesse d'échantillonnage, l'OSSB peut fonctionner pendant 7 jours.

Une série chronologique de 6,5 jours (165 heures) est illustrée à la figure 4. Elle reproduit les mesures recueillies par l'OSSB dans la partie interne de la baie de Miramichi en juillet 1993. On y observe 3 épisodes de turbidité importants vers la fin de la période d'observation détectés par les DRO inférieurs (2 et 3). Ces événements ont été corrélés avec des périodes de forte activité des vents/vagues dans la baie et provoqués par la remise en suspension par les vagues.

### RALPH

RALPH est un trépied autoporteur instrumenté (figure 5); il a été décrit par Heffler (1984). L'ensemble comprend notamment deux transmissiomètres installés à 37 et à 68 cm au-dessus du fond marin et 2 ailettes hydrométriques Smart Acoustic EG&G montées à 50 et 100 cm au-dessus du fond. Un capteur de pression installé à 2 m au-dessus du fond sert à mesurer vagues et marées avec une résolution de quelques centimètres. Une caméra super 8 mm (Minolta XL401) est synchronisée avec un flash 35 J pour permettre le visionnement d'accélérés du fond marin. La ligne nodale de la caméra est décalée de 20° par rapport au nadir, de manière à ce que le champ de vision soit d'environ 1,0 x 1,5 m. Un rouleau de pellicule comprend 3 600 poses, qui peuvent être visionnées soit sous forme de film, soit image par image. RALPH est

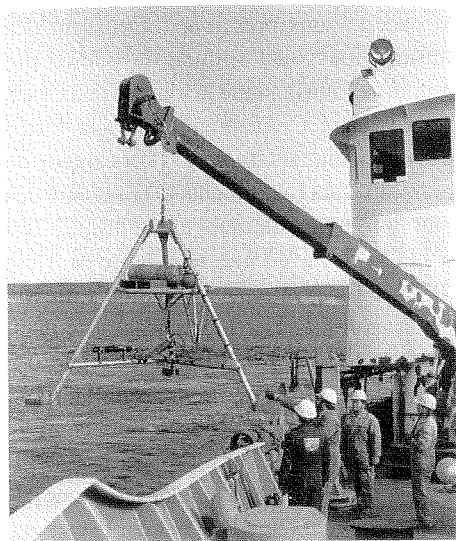


Figure 5 : RALPH - trépied multiparamétrique benthique pour l'étude des épisodes de transport sédimentaire et de la stabilité de la morphologie de fond.

muni en outre de senseurs d'inclinaison et de roulis de même que d'une boussole d'induction pour la détermination de son orientation.

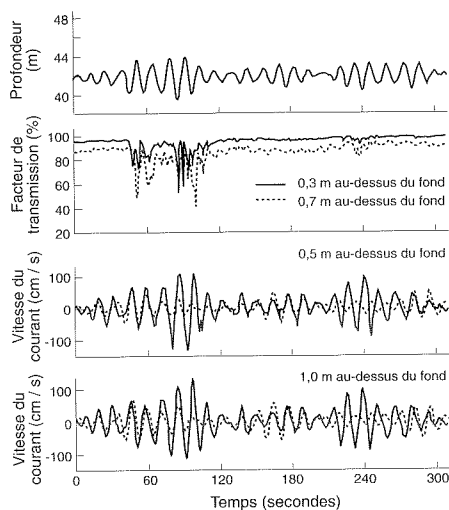


Figure 6 : Série chronologique d'une rafale détectée par RALPH sur le banc de l'île de Sable

RALPH est commandé par un micro-ordinateur pour emmagasiner des rafales de données à des intervalles prédéterminés. Il est autonome sur le plan énergétique et peut être déployé pour des périodes de plusieurs mois. Il est alimenté par deux batteries de 12 v Sonnichsen. Les données sont emmagasinées au moyen d'un ordinateur Tattletale 6 muni d'un disque dur de 20 mégaoctets.

Un exemple de série chronologique fournie par RALPH est illustré à la figure 6. Cet exemple, recueilli sur le banc de l'île de Sable, indique 2 groupes de vagues. À noter que le sable est remis en suspension sous ces vagues par les forts mouvements oscillatoires près du fond marin (voir le tracé du facteur de transmission).

RALPH a été déployé sur le littoral de même que sur la plate-forme continentale. Il a recueilli des données utiles au cours de 10 ans de service. Des améliorations apportées à l'ensemble des capteurs et à l'ordinateur de commande prolongeront la durée de vie utile de RALPH.

### LANCELOT

LANCELOT est un instrument autonome de fond marin déployé à distance mesurant la pression interstitielle à des profondeurs sélectionnées au sein des 6 m

supérieurs de sédiment. Il est utilisé pour déterminer les taux de compaction et de perméabilité des sédiments, qui sont utiles pour l'analyse de l'abondance volumétrique et des vitesses de migration des fluides interstitiels dans la colonne sédimentaire. Pour effectuer des expériences in situ en mer profonde, on immerge l'instrument, suspendu à un câble, à partir d'un navire. En eau peu profonde, il est installé sur une plate-forme d'amarrage, comme on peut le voir à la figure 7. Le système pour eau profonde comporte une longue aiguille (3-6 m) et un assemblage électronique télescopique (Christian et al., 1993). Une pierre filtrante poreuse située à proximité de la pointe de la sonde transmet la pression interstitielle in situ, qui est mesurée par un capteur de pression interne. La pression interstitielle est mesurée relativement à la pression hydrostatique d'eau (figure 8b). Des données sur la profondeur d'eau, le roulis, le tangage et l'accélération verticale sont également emmagasinées dans un collecteur de données à bord du vaisseau. Les expériences durent en général plusieurs

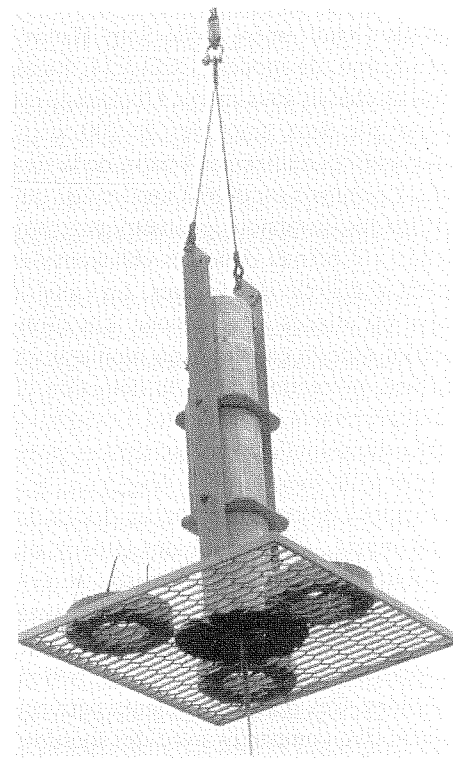


Figure 7 : Mise à l'eau d'EXCALIBUR au cours de la croisière 92028 à Grande Baleine, baie d'Hudson. À noter la sonde en forme d'aiguille fixée à la base du châssis sous pression logeant le matériel électronique et le collecteur de données télécommandé.

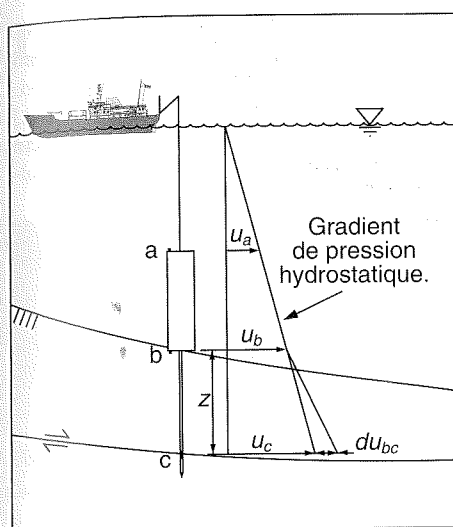


Figure 8 : Schéma des points de mesure de la pression de LANCELOT et EXCALIBUR, au cours d'une expérience pendant laquelle la pierre filtrante poreuse à l'extrémité de l'aiguille est implantée dans un plan de rupture dans le fond marin. La pression (hydrostatique) de référence de la colonne d'eau ( $u_a$ ) a été mesurée à l'orifice (a) pendant toute l'expérience; la surpression interstitielle ( $du_{bc}$ ) a été mesurée entre les points b et c le long de l'aiguille. Dans le cas d'EXCALIBUR, l'échantillon de liquide est prélevé au point c.

heures. Une capacité de mémoire supplémentaire peut être installée pour permettre des déploiements de 28 jours ou plus (Christian et Heffler, 1993).

Des surpressions interstitielles sous le fond marin peuvent survenir sous l'action de processus hydrodynamiques naturels ou de processus d'origine anthropique. Des surpressions interstitielles du sous le fond marin peuvent notamment survenir lorsque l'expulsion des fluides interstitiels est inhibée (figure 8). La réduction consécutive de la résistance au cisaillement des sédiments est la cause principale des ruptures et des glissements dus à la liquéfaction.

LANCELOT a été utilisé dans la partie interne de la baie de Miramichi, au Nouveau-Brunswick, pour étudier la stabilisation de matériaux déposés de fraîche date. Un exemple des travaux fournis par cette étude est donné à la figure 9. Ce schéma illustre la perturbation provoquée dans le fond marin par une vague de surface engendrée par le proche passage d'un pétrolier-vraquier chargé à pleine capacité. À noter la réduction

prolongée de pression dans la colonne d'eau engendrée par l'accélération de l'écoulement autour de la coque du navire. Cette vague à longue période ne s'est pas traduite par une surpression interstitielle sous le fond marin. Toutefois, des vagues à haute fréquence dans le sillage du navire ont déclenché des variations cycliques rapides de la pression interstitielle, qui ont provoqué à leur tour une rupture par liquéfaction (tassement). Ces observations permettent de conclure que les silts argileux organiques du site étudié n'ont manifesté des surpressions interstitielles qu'au cours de perturbations cycliques rapides, conséquence de leur faible perméabilité.

## EXCALIBUR

EXCALIBUR est une extension de Lancelot offrant en outre la possibilité de récupérer des échantillons de fluides interstitiels sous pression. De tels échantillons permettent d'étudier in situ les concentrations de gaz et la composition des contaminants. Le prélèvement d'échantillons dans des conditions contrôlées permet la mesure directe de la perméabilité des sédiments par l'analyse de l'accumulation de pression au sein de l'échantillonneuse, dont le contenu est généralement évacué ou chassé au préalable par l'injection de gaz inerte. Cette technique permet de retenir à la fois la phase des gaz dissous et celle des gaz libres à la pression du lieu d'échantillonnage. La compressibilité des gaz joue un rôle important dans l'amortissement de la réaction des sédiments à des charges cycliques. La récupération d'échantillons d'eau interstitielle permet par surcroît de déterminer la concentration et la composition des composés chimiques dissous. EXCALIBUR est donc bien adapté à l'étude des gaz et des substances polluantes dans les sédiments mous du fond marin, et d'autant plus que des horizons spécifiques peuvent être ciblés.

EXCALIBUR a été utilisé avec grand succès au cours de campagnes de terrain sur la plate-forme Néo-Écossaise, à la baie James et sur le delta du Fraser (Christian, 1993). Il a notamment été perfectionné par l'addition d'un modem acoustique pour permettre, en temps réel, de communiquer avec l'appareil et de le commander à travers la colonne d'eau. La figure 10 illustre l'ensemble des données recueillies au cours

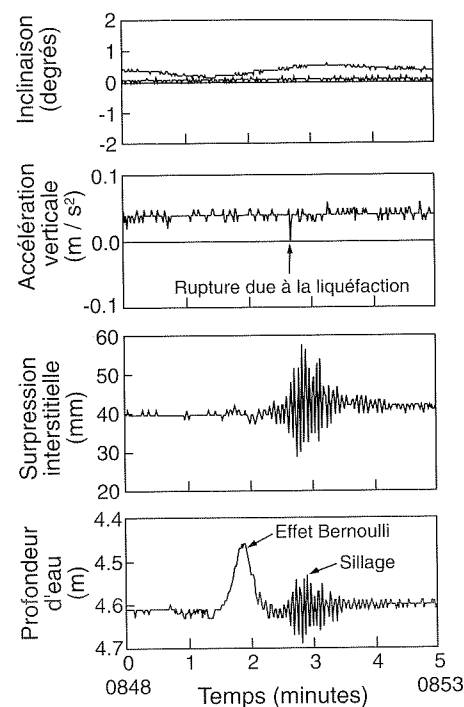


Figure 9 : Résultat d'une expérience menée par LANCELOT en bordure du chenal marin dragué dans la partie interne de la baie de Miramichi; ces tracés illustrent la perturbation due à une vague de surface provoquée par le passage d'un pétrolier chargé à pleine capacité, de même que les surpressions interstitielles cycliques induites à un point situé 50 cm sous le fond marin. À noter que le sillage du vaisseau a déclenché le tassement de la sonde, suite à la liquéfaction des sédiments. Un creux de vague de longue période le long de la coque du navire n'a eu aucun effet sur la stabilité, puisque les changements de pression interstitielle induits ont pu se dissiper.

d'une campagne d'observation d'une dépression de 100 m de largeur et de 10 m de profondeur dans le bassin d'Émeraude, sur la plate-forme Néo-Écossaise. Le tracé de la pression de la colonne d'eau indique de courtes périodes d'équilibrage au cours du déploiement et du retrait de même qu'une diminution rapide de pression au début de l'échantillonnage. La perméabilité  $k$  est déterminée à partir de la courbe d'équilibrage de la pression. À partir de cette valeur, on peut estimer avec précision les vitesses d'infiltration des fluides interstitiels mobiles. On dispose désormais de moyens nouveaux permettant de prélever sous le fond marin des échantillons de fluides contaminés et de gaz interstitiels sous pression par échantillonnage direct d'horizons clés, cela sous des profondeurs d'eau allant jusqu'à 1000 mètres.

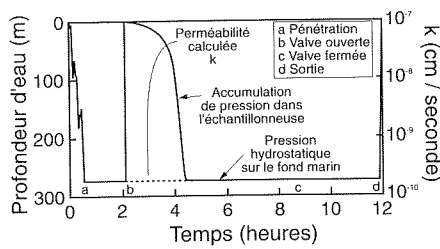


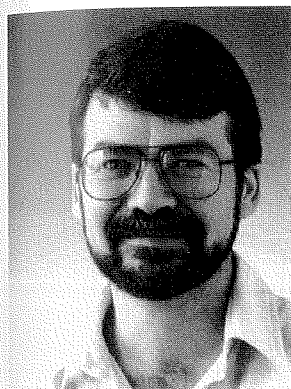
Figure 10 : Résultats de tests de perméabilité d'arrivée fournis par EXCALIBUR au cours de son premier déploiement au-dessus d'une dépression de 100 m de largeur dans le bassin d'Émeraude, sur la plate-forme Néo-Écossaise. La sonde a pénétré le sous-sol marin d'une profondeur de 60 cm. La légende indique le début de la période d'échantillonnage au point (b) et la fermeture de la valve interne au point (c). Le coefficient de perméabilité a été calculé en se basant sur l'accumulation de pression interne à partir d'un vide initial à l'intérieur de l'échantillonneuse.

## Références

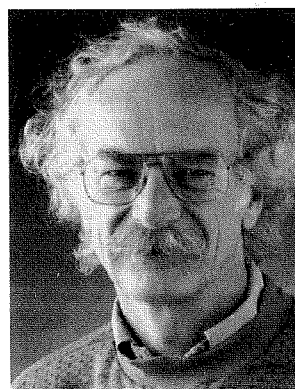
- AMOS, C.L. 1990. Modern sedimentation processes, Chapter 11 In M.J. Keen and G.L. Williams [ed.] *Geology of the Continental Margin of Eastern Canada*. Geological Survey of Canada. *Geology of Canada*, no. 2: 609-673.
- AMOS, C.L. and B.F.N. LONG. 1980. The sedimentary character of the Minas Basin, Bay of Fundy. In S.B. McCann [ed.] *The Coastline of Canada*. Geological Survey of Canada. Paper 80-10: 153-180.
- AMOS, C.L., J. GRANT, G.R. DABORN, and K. BLACK. 1992. Sea Carousel - A benthic annular flume. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 34: 557-577.
- AMOS, C.L., G.R. DABORN, H.A. CHRISTIAN, A. ATKINSON, and A. ROBERTSON. 1992. In situ erosion measurements on fine-grained sediments from the Bay of Fundy. *Marine Geology* 108: 175-196.
- BURT, T.N. 1984. The Carousel: commissioning of a circular flume for sediment transport research. Hydraulic Research Limited Report SR 33.
- CHRISTIAN, H.A. 1993. In situ measurement of consolidation and permeability of soft marine sediments. Proceedings of the 4th Canadian Conference on Marine Geotechnical Engineering, St. John's, Newfoundland, 28-30 June, 2, p. 662-679.
- CHRISTIAN, H.A. and D.E. HEFFLER. 1993. Lancelot - A seabed piezometer for geotechnical studies. *Geo-Marine Letters*, 13: 189-195.
- CHRISTIAN, H.A., D.H. HEFFLER and E.E. DAVIS. 1993. Lancelot - an in-situ piezometer for soft marine sediments. *Deep-Sea Research*, 40(7): 1509-1520.
- DOWNING, J.P. 1983. An optical instrument for monitoring suspended particulates in ocean and laboratory. In *Proceedings of Oceans '83*: 199-202.
- DOWNING, J.P. and R.A. BEACH. 1989. Laboratory apparatus for calibrating optical suspended solids sensors. *Marine Geology* 86: 243 - 249.
- FREDETTE, T.J., J.D. GERMANO, D.A. CAREY, P.M. MURRAY, P.G. KULLBERG. 1992. Chemical stability of capped dredged material disposal mounds in Long Island Sound, USA. *Chemistry and Ecology* 7: 173-194.
- HART, B.S., D.B. PRIOR, J.V. BARRIE, R.G. CURRIE, and J.L. LUTERNAUER. 1992. A river mouth submarine channel and failure complex, Fraser Delta, Canada. *Sedimentary Geology* 81: 73-87.
- HEFFLER, D.E. 1984. RALPH - An instrument to monitor seabed sediments. Current research Part B, Geological Survey of Canada Paper 84-1B, 47-52.
- HILL, P.R., D.E. BUCKLEY, and D.J.W. PIPER. 1990. The continental slope, rise and deep sea. The classification of deep sea environments. In M.J. Keen and G.L. Williams [ed.] *Geology of the Continental Margin of Eastern Canada*, Geological Survey of Canada, *Geology of Canada*, no 2: 609-673.
- HODGINS, D.O., D.A. HUNTLEY, W.D. LIAM FINN, B. LONG, G. DRAPEAU, and A.J. BOWEN. 1986. Bottom sediment transport - Present knowledge and industry needs. *Environmental Studies Revolving Funds Report* 27, 394p.
- HYDRAULICS RESEARCH LIMITED, 1987. Deposition of cohesive sediments in an annular flume. Unpublished Internal Report: 5p.
- MIDDLETON, G.V. and J.B. SOUTHARD. 1984. Mechanics of Sediment Movement. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Short Course No. 3.
- PHILPOTT, K. 1986. Scour around seafloor structures. *Environmental Studies Revolving Funds Report* 17, Ottawa. 249p.
- PIPER, D.J.W. and W.R. NORMARK. 1982. Effects of the 1929 Grand Banks earthquake on the Continental Slope off Eastern Canada. *Current Research, Part B. Geol. Survey of Can. Paper* 82-1B: 147-151.

# Le rôle de l'océan dans le système climatique

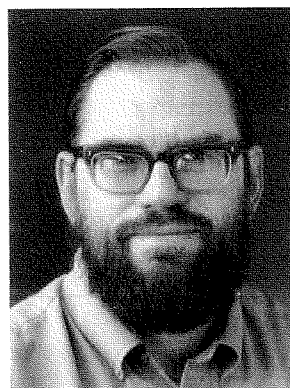
D. G. Wright, J. R. N. Lazier et R. A. Clarke



D. G. Wright



J. R. N. Lazier



R. A. Clarke

On réalise sans peine que les océans sont des facteurs importants du climat présent, surtout en tant que principal réservoir d'eau de la planète. Les effets dévastateurs d'un événement El Niño sont une preuve frappante de l'impact qu'ont des redistributions "mineures" de l'eau autour de la planète. Il est peut-être cependant moins évident que les océans peuvent donner naissance à de profonds changements climatiques. En fait, ils sont bien plus que de simples réservoirs d'eau; nous allons donc ici examiner quelques effets qui sont intrinsèquement liés à la dynamique des océans.

## Réservoir de chaleur

Les océans ont dans le changement climatique un rôle important qui tient à leur énorme capacité de stocker et de transporter la chaleur. Pour élever la température d'un kilogramme d'eau d'un certain nombre de degrés, il faut quatre fois plus de chaleur que pour un kilogramme d'air. Or, les dix premiers mètres de l'océan ont la même masse que l'atmosphère sus-jacente; 2,5 mètres d'eau ont donc la même capacité thermique que la totalité de l'atmosphère.

Du fait de cette grande capacité calorifique, les océans constituent donc un réservoir de stockage temporaire de la chaleur. Celle-ci est absorbée pendant les périodes chaudes (été, journée, etc.) et restituée pendant les périodes plus froides (hiver, nuit, etc.), ce qui amortit les fluc-

tuations thermiques de l'atmosphère. Bien sûr, la quantité de chaleur qui peut être stockée est fonction de la profondeur d'océan qui s'offre à elle. Heureusement, à mesure qu'augmente l'échelle de temps considérée, les anomalies de température descendent de plus en plus bas dans l'océan, qui peut donc stocker davantage de chaleur; l'océan peut ainsi influencer sur des fluctuations thermiques de l'atmosphère de diverses périodicités. Par exemple, les modèles numériques ont montré que le réchauffement planétaire lié aux augmentations de concentration des gaz à effet de serre pourrait être retardé de plus d'une décennie, à cause de cette capacité qu'a l'océan de stocker et libérer la chaleur.

On voit à la figure 1 une analogie simplifiée de la circulation de la chaleur dans le système atmosphère-océan, qui permettra de visualiser l'importance de l'océan en tant que réservoir thermique. Il s'agit de deux cylindres contenant de l'eau et reliés par une vanne réglable. L'eau représente la chaleur, et le niveau de l'eau la température. Le petit cylindre représente l'atmosphère et le grand l'océan mondial, de plus grande capacité thermique; la vanne qui les relie représente, quant à elle, les divers processus qui régissent l'échange de chaleur à l'interface air-mer. Le robinet qui alimente le cylindre "atmosphère" figure le rayonnement entrant de courte longueur d'onde, et celui qui en contrôle la sortie le rayonnement sortant de grande longueur d'onde, qui augmente avec le niveau de

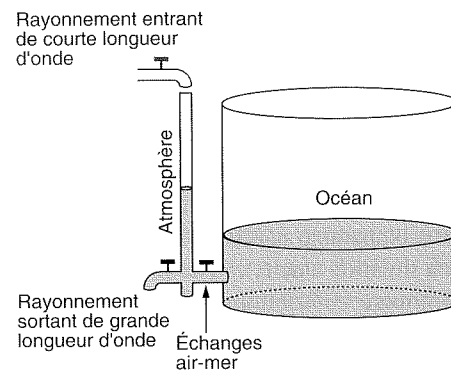


Figure 1 : Analogie simple du système climatique de la Terre

l'eau (température) dans le cylindre "atmosphère".

On peut réaliser, avec ce modèle quantitatif du système climatique, de nombreuses expériences simples, mais instructives. Par exemple, on peut visualiser la réponse de la température de l'air en surface comme une augmentation du rayonnement entrant de courte longueur d'onde en ouvrant le robinet qui alimente le cylindre "atmosphère", ou sa réponse à une hausse des concentrations de gaz à effet de serre en fermant le robinet de sortie. En réglant la vanne qui relie l'océan et l'atmosphère, ou en modifiant les tailles relatives des deux cylindres, on se représente facilement certains des effets que peut avoir sur le climat la capacité de l'océan à échanger de la chaleur avec l'atmosphère.



Bien sûr, un modèle si simple a des limites. Entre autres, il ne fait intervenir qu'une capacité thermique pour la totalité de l'océan, alors que, dans les faits, divers processus mettent en jeu des volumes océaniques croissants et, donc, des capacités thermiques croissantes. Dans l'abstrait, on pourrait ajouter une série de récipients représentant les différentes parties de l'océan, reliés les uns aux autres par une série de vannes. Le système se complique alors du fait qu'il faut représenter avec précision les processus en jeu dans les échanges : la détermination des formulations adéquates fait encore l'objet de recherches actives.

### Transport de chaleur

Le rôle de l'océan dans le système climatique dépasse celui de simple réservoir de stockage de l'eau et de la chaleur. Du fait de sa grande capacité thermique, il peut, même avec des flux relativement lents, transporter autour de la planète de grandes quantités de chaleur. Les meilleures estimations actuelles indiquent que le transport nord-sud de chaleur par l'océan aux latitudes moyennes est comparable au transport atmosphérique. La situation a deux causes principales. La première contribution est liée aux vastes gyres horizontaux entraînés par le frottement du vent sur la surface. Ces courants mettent en mouvement la couche supérieure (environ 1 kilomètre) de l'océan, ce qui effectue le mélange de l'eau dans des bassins complets. L'eau de surface reçoit aux basses latitudes de la chaleur que les gyres entraînés par le vent transportent dans les régions de latitude élevée, où le surplus est libéré dans l'atmosphère. Ce mécanisme de transport de chaleur pourrait évoluer avec le temps, du fait de modifications du stress éolien ou de la structure de densité de l'océan, changements qui auraient une incidence sur le climat de la Terre. Cependant, c'est un autre mécanisme de transport thermique qui a suscité le plus grand intérêt chez nombre de modélisateurs du climat.

Ce second grand contributeur au transport thermique méridien met en jeu une circulation de convection profonde, d'échelle planétaire. L'eau profonde circule généralement des régions de forte densité vers les régions de faible densité; les premières sont donc une source d'énergie

## Circulation thermohaline planétaire de l'océan

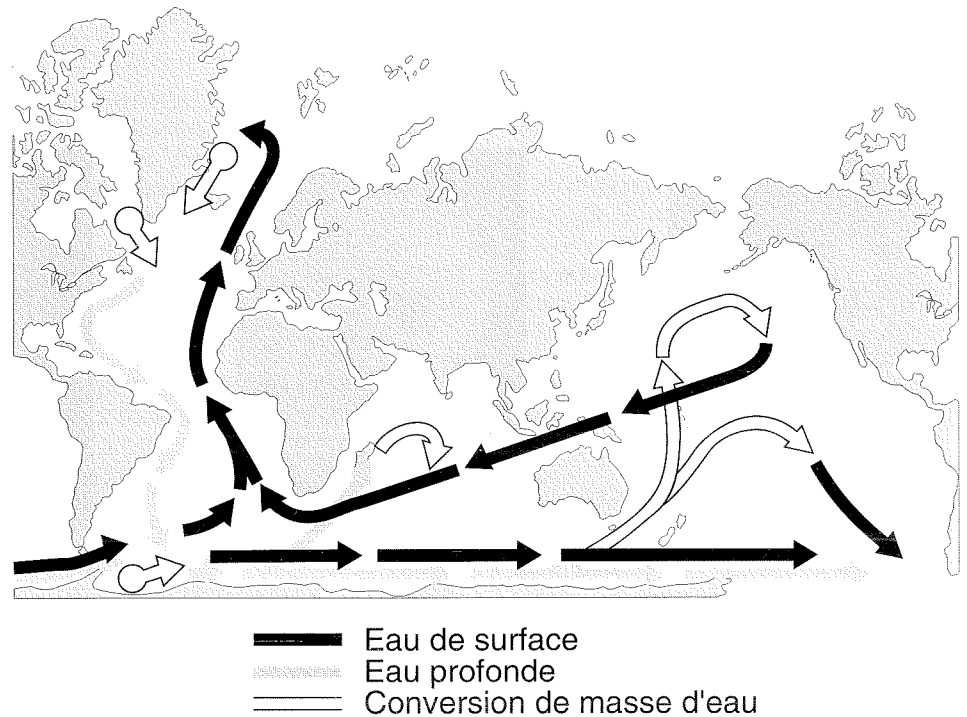


Figure 2 : Représentation schématique de l'actuelle circulation de convection profonde, dite circulation thermohaline. À noter qu'il se produit généralement un apport net de chaleur dans l'océan aux basses latitudes et que cette chaleur est restituée à l'atmosphère dans les régions de formation d'eau profonde. Les estimations actuelles montrent qu'en moyenne, la circulation de convection profonde transporte environ 1015 watts de chaleur au niveau de 20 degrés N. Cette quantité de chaleur permettrait chaque seconde d'amener à ébullition (100 °C) trois milliards de litres d'eau à 20 °C (température de la pièce).

qui peut alimenter une circulation de convection profonde. La figure 2 illustre schématiquement la circulation verticale résultante qui a lieu dans l'océan actuel, et qu'on connaît sous le nom de «circulation thermohaline globale». L'eau profonde se forme principalement dans l'Atlantique Nord; de petites quantités s'y ajoutent ailleurs, surtout autour de l'Antarctique. De ces sources, l'eau profonde froide gagne chacun des autres bassins, remontant graduellement jusqu'à la couche superficielle. La surface de l'océan se réchauffe aux latitudes basses et moyennes; l'eau qui revient aux sites de production d'eau profonde est donc relativement chaude, et peut libérer cette chaleur dans l'atmosphère aux latitudes élevées lors de la formation d'eau profonde. La figure 2 met en évidence que c'est l'Atlantique Nord qui reçoit le plus de chaleur ainsi transportée par la circulation thermohaline globale. En fait, Manabe et Stouffer (1988) ont montré, à l'aide d'un modèle climatologique à couplage atmosphère-océan, que les températures de l'air en sur-

face sur la région de la mer de Norvège et de la mer du Groenland pourraient subir une baisse atteignant 10 °C si la circulation de convection profonde de l'Atlantique était arrêtée.

### Potentiel de changement

La circulation de convection profonde a suscité beaucoup d'intérêt, parce qu'on a lieu de croire qu'elle a subi par le passé des modifications considérables, qui pourraient se reproduire. Cette situation est due aux différents effets du transport atmosphérique de chaleur et d'eau douce sur la densité de l'eau de mer. S'il se produit une baisse du réchauffement radiatif et donc des températures aux latitudes élevées, la densité de la couche superficielle de l'océan a tendance à augmenter en direction des pôles. Par contre, le transport par l'atmosphère de vapeur d'eau des basses latitudes chaudes aux latitudes élevées froides tend à faire baisser la salinité, donc la densité, des eaux superficielles des hautes latitudes. Si une masse d'eau restait assez longtemps en sur-

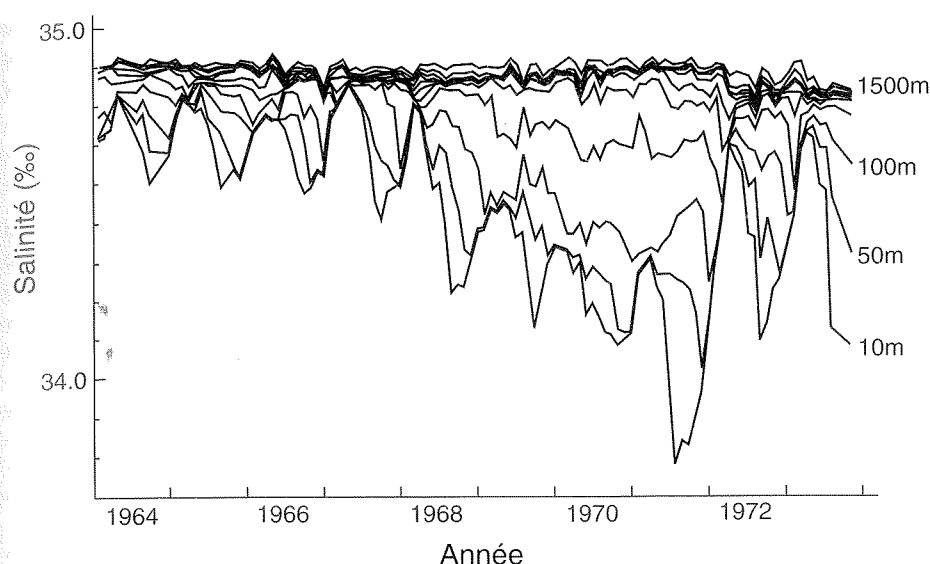


Figure 3 : Moyennes mensuelles de la salinité à 11 profondeurs relevées à la station Bravo entre 1964 et 1973 (d'après Lazier, 1980).

face dans une telle région de précipitations nettes, il pourrait se former une couche superficielle stable, qui inhiberait la convection profonde dans l'océan. Les basses températures superficielles auraient sur les eaux sous-jacentes un effet considérablement moindre et les températures des abysses monteraient, du fait de la chaleur qu'absorberait la surface de l'océan aux basses latitudes.

Cet effet a des conséquences très importantes. Selon la tendance naturelle, en raison de la convection, l'eau dense et froide provenant des latitudes élevées pénètre verticalement dans l'océan profond, et alimente la circulation de convection profonde avec beaucoup plus de force que si l'anomalie de densité était confinée à la couche superficielle. Toutefois, comme les régions de formation d'eau profonde, situées aux latitudes élevées, sont aussi des régions de précipitations nettes, il demeure une tendance à ce que se forme une couche d'eau douce qui pourrait inhiber la convection : on observe toujours les basses températures qui alimentent la circulation, mais le fait que l'eau soit moins salée en surface y réduit la densité, ce qui isole l'océan profond de l'air plus froid. Cette possibilité s'accroît du fait qu'une réduction temporaire de la convection maintient l'eau près de la surface plus longtemps. L'eau douce peut donc s'accumuler pendant plus de temps, ce qui réduit encore la convection. C'est cette rétroaction qui fait que des changements relativement faibles dans

le transport atmosphérique d'eau douce peuvent avoir une incidence marquée sur la circulation de convection profonde, et donc sur le climat planétaire (Bryan, 1986).

Ce sont les basses températures qui alimentent la circulation de convection profonde; il y a trois grandes régions-sources d'eau profonde : l'océan austral, et les régions septentrionales des bassins de l'Atlantique et du Pacifique. Ces régions se disputent la maîtrise de la circulation planétaire de convection profonde; la gagnante dispose d'un vaste océan ouvert à l'apport atmosphérique de chaleur. L'Atlantique Nord semble avantagé : d'une part, il monte plus au nord et est plus étroit que le Pacifique; d'autre part, il n'existe autour de l'Antarctique aucun obstacle nord-sud. Par contre, les précipitations ou le ruissellement sur l'Atlantique Nord pourraient annuler ces avantages, donnant à l'une des autres régions le rôle dominant dans la formation d'eau profonde, donc le contrôle sur la circulation globale de convection profonde.

Comment donc se maintient la présente circulation de convection profonde s'il existe d'autres possibilités viables, surtout compte tenu du fait que l'Atlantique Nord est une région de précipitations nettes? Une des raisons en est que, si une région participe activement à la formation d'eau profonde, la réduction du temps de séjour des eaux de surface aide à inhiber la formation d'une couche d'eau douce. En

outre, la chaleur libérée dans les régions de formation d'eau profonde y fait monter la température de l'air en surface. Il s'y ensuit une augmentation de l'évaporation, et donc une réduction de l'apport net en eau douce, ce qui contribue encore à empêcher la formation d'une couche d'eau douce. Enfin, si la formation d'eau profonde diminuait, la perte de chaleur de l'océan vers l'atmosphère ferait de même et la baisse résultante des températures de l'air en surface contribuerait à redéclencher la convection.

### Besoin de nouveaux ensembles de données

Ces facteurs favorisent le maintien de l'état présent, mais l'interaction entre la température de l'air en surface, le transport d'eau par l'atmosphère et la circulation thermohaline n'est pas totalement comprise. En fait, il intervient de si nombreuses rétroactions, tant positives que négatives, dans la formation d'une couche superficielle stable, et il demeure tant d'inconnues dans la paramétrisation de mouvements non résolus pour les modèles numériques, que même les modèles les plus sophistiqués de l'heure ne permettent pas de prévoir avec certitude l'effet de perturbations sur le système climatique. On ne sait d'ailleurs même pas à l'heure actuelle si la réponse aux perturbations est ou non prédictible.

Dans la confiance qu'on doit accorder aux prévisions des modèles, une partie du problème tient à la rareté des données qui pourraient aider à valider et raffiner ces modèles. Une des façons d'y remédier est de recueillir et d'analyser des ensembles de données d'observation standardisés sur les courants et sur les propriétés des masses d'eau. On peut ainsi décrire l'état actuel de l'océan et étudier les processus que le régissent. En outre, des études de surveillance à long terme permettent d'établir et d'enrichir une base de données utilisable pour l'étude de phénomènes à échelle de temps plus longue.

Les chercheurs de l'Institut océanographique de Bedford (IOB) s'intéressent particulièrement aux processus en jeu dans l'Atlantique Nord, région climatiquement sensible. Par exemple, la campagne de fin de printemps permet chaque année de prendre des

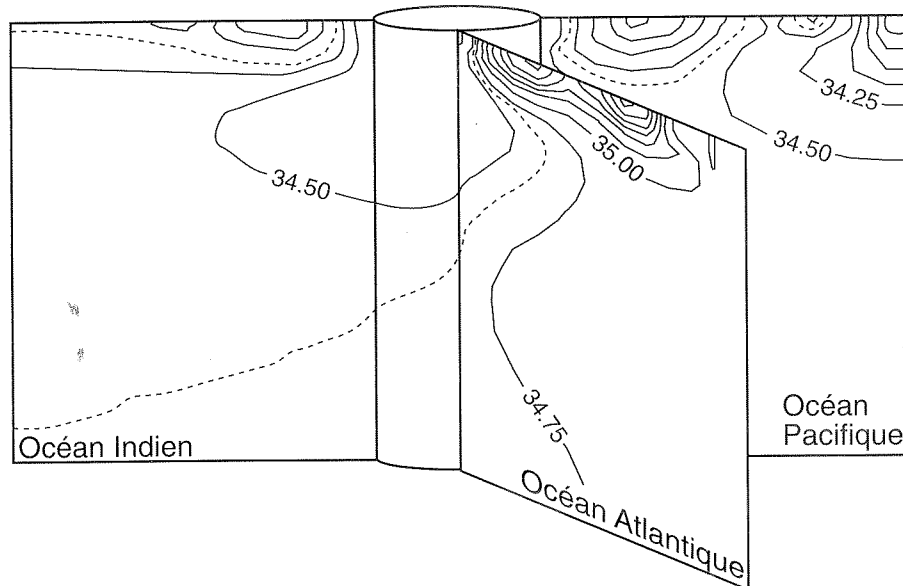


Figure 4 : Illustration de la sortie du modèle latitude-profondeur mis au point pour l'étude des variations climatiques à long terme. Le cylindre central représente l'océan austral et les trois plans les océans Indien, Atlantique et Pacifique. On présente les moyennes zonales de la salinité estimées par le modèle pour les conditions en surface actuelles, qui concordent bien avec le champ de salinité observé. Le grand avantage des équations de mouvement moyennées zonalement est leur efficacité à l'ordinateur. Même avec les modestes ressources informatiques dont dispose la Division des sciences physiques et chimiques de l'IOB, on peut effectuer en une heure une simulation sur 1000 ans utilisant le modèle couplé océan-atmosphère.

mesures de la température, de la salinité et des teneurs en oxygène, en nitrates, en silicates, en phosphates, en chlorofluorocarbures (CFC), en dioxyde de carbone et en tritium dans toute la mer du Labrador (Lazier, 1988). L'intérêt de cette région tient à ce qu'elle est réputée pour le brassage convectif actif qui s'y déroule. Lors des hivers rigoureux, la convection prend place sur une grande superficie et touche des profondeurs de 2000 mètres ou plus (Clarke et Gascard, 1983). Des gaz d'une grande importance sur le plan biologique, comme l'oxygène et le dioxyde de carbone, sont alors transportés de la surface, où ils étaient en contact avec l'atmosphère, jusqu'à de grandes profondeurs. Certains parlent de respiration de l'océan.

À la fin des années 1960 et au début des années 1970, les hivers ont été anormalement doux dans la mer du Labrador, et la salinité en surface est devenue anormalement basse. La figure 3 illustre les changements de salinité survenus pendant cette période. Chaque trait représente la salinité à une profondeur donnée. On trouve les valeurs les plus basses près de la surface et les plus élevées à 1500 mètres. Chaque été, l'eau douce apportée par la fonte de la glace de mer et le ruissellement des terres fait décroître la salinité à proximité de la surface. En hiver, le

refroidissement produit une convection qui mélange cette eau moins salée à l'eau plus profonde plus salée. Il semble qu'entre 1968 et 1971, cette convection d'hiver n'ait pas eu lieu; pendant environ trois ans, l'océan a donc cessé de respirer. Les observations annuelles aideront à comprendre quels processus régissent ces variations et quel rôle jouent ces dernières dans le système climatique. Ce domaine continue de faire l'objet de recherches actives.

La collecte de ces ensembles de données est longue, ardue et coûteuse, et on recherche constamment des sources de données supplémentaires. L'information sur les épisodes climatiques du passé est une avenue qui peut aider à combler les lacunes. Les archives paléoclimatiques renferment des informations qualitatives et quantitatives sur les grands événements climatiques du passé. Ces enregistrements montrent que le climat de la Terre a subi des variations quasi-périodiques dont les échelles de temps varient de la décennie au millénaire, ainsi que des changements brutaux. Ils indiquent aussi que la circulation thermohaline actuelle dure sans interruption depuis 9000 ans, mais qu'il y a tout probablement eu, auparavant, des périodes où la convection profonde de l'Atlantique Nord a été plus faible, voire annulée. Ces événements offrent une occasion de tester la capacité des modèles à

simuler les grandes fluctuations du système climatique et d'améliorer notre compréhension des processus influant sur ces fluctuations.

### Besoin de nouvelles approches à la modélisation

Lorsqu'on tente de valider ou d'améliorer les modèles climatiques par le biais de comparaisons avec les données paléoclimatiques, on rencontre de gros obstacles. Les données elles-mêmes sont incomplètes et sujettes à interprétation : ni le forçage lié au transport atmosphérique de chaleur et d'eau, ni la réponse ne sont suffisamment déterminés. Une étude, pour être complète, demande donc généralement qu'on explore diverses avenues. La situation se complique encore du fait que les modèles de circulation générale (MCG) utilisés pour ces études sont par nature complexes, et que les passes et analyses exigent des ordinateurs très puissants et beaucoup de temps. Les très longues échelles temporelles associées aux simulations paléoclimatiques et les lacunes dans la compréhension de la nature même du système considéré rendent la tâche énorme, et seules des approches novatrices permettront de réaliser des progrès.

Une hiérarchie de modèles aux premiers ordres, moins coûteux, plus rapides et plus faciles à interpréter, ont joué un rôle important dans l'établissement des réponses possibles, et dans la compréhension des mécanismes qui les régissent. Les chercheurs de l'IOB ont considérablement contribué à ce secteur. Un des récents travaux s'est concentré sur l'élaboration et l'application d'un modèle latitude-profondeur efficace. La géométrie du volet océan est illustrée à la figure 4. Le modèle, grâce à des équations de conservation de la masse, de la chaleur et de la salinité, détermine l'évolution, dans chaque bassin océanique, des propriétés de la masse d'eau, considérées sous forme de moyennes zonales. À partir de cette information, on détermine la densité, dont on déduit la circulation de convection profonde au moyen d'un schéma de fermeture très efficace (Wright et Stocker, 1991, 1992). Le modèle océanographique est couplé à un modèle atmosphérique classique de bilan énergétique (Stocker et al., 1992b) qui tient compte de l'échange d'énergie de courte et grande longueur d'onde au sommet de l'atmosphère, de l'absorption d'énergie dans l'atmosphère, ainsi que de l'échange de chaleur et d'eau douce dans l'océan.

Le modèle ainsi constitué permet l'étude de phénomènes se déroulant à des échelles de temps de nombreux millénaires; il est en outre relativement facile à interpréter par comparaison aux MCG, tout en montrant des caractéristiques de réponse semblables à celles d'un MCG: les deux donnent des états à l'équilibre, des propriétés de stabilité et un comportement aux états transitoires similaires. Il a été appliqué avec succès à divers problèmes de recherche climatologique : échange d'eau douce dans l'océan (Stocker et Wright, 1991a,b); effet de modifications des conditions aux latitudes élevées (Stocker et al., 1992a); piégeage de CO<sub>2</sub> atmosphérique (Stocker et al., 1993); et simulations de l'événement climatique du Younger Dryas (Wright et Stocker, 1993; Lehmann et al., 1993).

L'événement qui est survenu au Younger Dryas est un exemple intéressant de grand changement climatique et du rôle des modèles aux premiers ordres en recherche climatologique. Pendant le dernier âge glaciaire, le nord de l'Europe et de l'Amérique du Nord était couvert d'immenses calottes glaciaires. Il y a environ 14 000 ans, le climat a changé et ces calottes ont commencé à reculer. Puis, il y a entre 11 000 et 10 000 ans, les glaciers ont connu une nouvelle avancée, qui les a ramenés près de leur extension antérieure, avant de recommencer à retraiter jusqu'à leurs limites actuelles. Cette époque d'avancée, connue sous le nom d'événement du Younger Dryas, est particulièrement intéressante pour les modélisateurs du climat en ce qu'elle constitue un événement bien documenté, montrant clairement qu'un important changement climatique peut survenir en quelques dizaines d'années seulement. De plus, il semble qu'il ait eu son centre géographique dans l'Atlantique Nord, région où se forme actuellement la plus grande partie de l'eau profonde, ce qui souligne encore plus le rôle majeur des océans dans le changement climatique.

Broecker et al. (1985) ont émis l'hypothèse que l'événement du Younger Dryas se soit déclenché lorsqu'une importante fraction de l'apport d'eau douce a abandonné par la voie du Mississippi pour celle, plus septentrionale, des vallées de l'Hudson et du Saint-Laurent. La circulation thermohaline globale aurait pu être arrêtée par cet apport d'eau douce; l'hypothèse est d'ailleurs confortée par les études de modélisation effectuées plus tard par Maier-Reimer et Mikolajewicz (1989) et Stocker et Wright (1991b). Il reste cependant des questions en suspens : qu'est-ce qui a

mis fin à l'événement du Younger Dryas, et pourquoi n'y en a-t-il eu qu'un? En tentant de modéliser cet événement, nous avons constaté que le redémarrage observé de la formation d'eau profonde nord-atlantique n'a pu se produire que si les précipitations nettes de la région étaient réduites au cours du Younger Dryas. Les observations présentées par Alley et al. (1993) laissent maintenant penser que c'est probablement ce qui s'est passé. Nos résultats de modélisation suggèrent aussi que l'eau de fonte des glaciers s'est accumulée dans les couches superficielles de l'Atlantique Nord avant d'être chassée vers les profondeurs quand la circulation thermohaline globale a repris. Ces résultats ont offert une nouvelle interprétation des basses valeurs de  $\delta^{18}\text{O}$  notées dans les sédiments correspondant à la fin du Younger Dryas (Lehmann et al., 1993).

Les dernières décennies ont vu des progrès marqués en recherche climatologique, mais nous ne sommes pas encore parvenus à une compréhension totale des facteurs qui régissent l'état actuel du climat, et encore moins de sa variabilité interannuelle, décennale, séculaire et d'échelle plus longue. Bien des questions devront avoir trouvé réponse avant qu'on puisse seulement quantifier correctement la fiabilité des prévisions. Les données qui permettraient de valider les modèles sont encore très limitées; nous devons donc continuer de réunir de nouveaux ensembles de données tant en surveillant le système actuel qu'en exploitant les archives que nous offre la nature. Il nous faudra continuer de recourir à toute une gamme d'approches novatrices pour optimiser nos progrès sur cet épineux et important problème.

### Références

- ALLEY, R.B. et 10 autres. 1993. Abrupt increase in Greenland snow accumulation at the end of the Younger Dryas event. *Nature*. 362: 527-529.
- BROECKER, W.S., D.M. PETTET et D. RIND. 1985. Does the ocean-atmosphere system have more than one stable mode of operation? *Nature*. 315: 21-26.
- BRYAN, F. 1986. High-latitude salinity effects and interhemispheric thermohaline circulations. *Nature*. 323: 301-304.
- CLARKE, R.A. et J.C. GASCARD. 1983. The formation of Labrador Sea Water, Part I - Large Scale Processes. *J. Phys. Oceanogr.* 13, 1764-1778.
- LAZIER, J.R.N. 1980. Oceanographic conditions at Ocean Weather Ship Bravo, 1964-1974. *Atmos.-Ocean*. 18: 227-238.

LAZIER, J.R.N. 1988. Temperature and Salinity Changes in the Deep Labrador Sea, 1962-1986. *Deep-Sea Research*, vol. 35: 1247-1253.

LEHMAN, S.J., D.G. WRIGHT et T.F. STOCKER. 1993. Transport of Freshwater into the deep ocean by the conveyor. P. 187-209. In W.R. Peltier (ed.) NATO ASI Series, Vol 12, Ice in the Climate System. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

MAIERE-REIMER, E. et U. MIKOLAJEWICZ. 1989. Experiments with an OGCM in the cause of the Younger Dryas. P. 87-100. In A. Ayala-Castanares, W. Wooster et A. Yanez-Arancibia [ed.] *Oceanography*. UNAM Press.

MANABE, S. et R.J. STOUFFER. 1988. Two stable equilibria of a coupled ocean-atmosphere model. *J. Climate*. 1: 841-866.

STOCKER, T.F., W.S. BROECKER et D.G. WRIGHT. 1994. Carbon uptake experiments with a zonally averaged global ocean circulation model. *Tellus B*. 46B: 103-122.

STOCKER, T.F. et D.G. WRIGHT. 1991a. A zonally averaged ocean model for the thermohaline circulation. Part II: Interoccean circulation in the Pacific-Atlantic basin system. *J. Phys. Oceanogr.* 21: 1725-1739.

STOCKER, T.F. et D.G. WRIGHT. 1991b. Rapid transitions of the ocean's deep circulation induced by changes in surface water fluxes. *Nature*. 351: 729-732.

STOCKER, T.F. D.G. WRIGHT et W.S. BROECKER. 1992. The influence of high-latitude surface forcing on the global thermohaline circulation. *Paleoceanography*. 7: 529-541.

STOCKER, T.F. D.G. WRIGHT et L.A. MYSAK. 1992. A zonally averaged, coupled ocean-atmosphere model for paleoclimate studies. *J. Clim.* 5: 773-797.

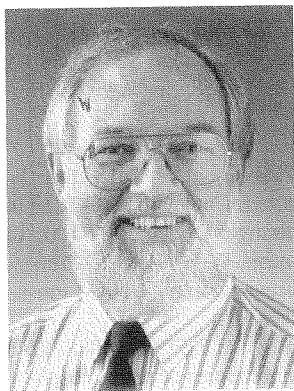
WRIGHT, D.G. et T.F. STOCKER. 1991. A zonally averaged model for the thermohaline circulation. Part I: Model development and flow dynamics. *J. Phys. Oceanogr.* 21: 1713-1724.

WRIGHT, D.G. et T.F. STOCKER. 1992. Sensitivities of a zonally averaged global ocean circulation model. *J. Geophys. Res.* 97: 12707-12730.

WRIGHT, D.G. et T.F. STOCKER. 1993. Younger Dryas Experiments. P. 395-416. In W.R. Peltier (ed.) NATO ASI Series, Vol 12, Ice in the Climate System. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

# Initiatives du SHC ayant trait aux cartes électroniques

S.T. Grant



S.T. Grant

## Résumé

En octobre 1990, le Comité (canadien) d'examen public des systèmes de sécurité des navires-citernes et de la capacité d'intervention en cas de déversements en milieu marin a identifié la prévention des déversements comme la plus haute priorité pour la protection de l'environnement littoral et marin. Il a recommandé notamment que le Service hydrographique du Canada (SHC) accélère le développement de la technologie des cartes électroniques et de l'infrastructure nécessaire, puis qu'il établisse un règlement exigeant l'utilisation de cartes électroniques à bord de tous les navires-citernes en eaux canadiennes.

En réponse à cette recommandation, le SHC a lancé un programme conjoint avec le secteur privé pour établir l'infrastructure pour créer et gérer les données de cartes électroniques, pour les diffuser aux navires en eaux canadiennes et pour les tenir à jour. Le SHC contribue également à l'élaboration de normes nationales et internationales sur tous les aspects des cartes électroniques. De plus, il recueille de l'information qui permettra l'élaboration de lois appropriées. Le SHC est en train d'installer un certain nombre de cartes électroniques à bord de navires et à des instituts maritimes afin de tester l'infrastructure et les normes et de faire la démonstration de la technologie devant la communauté maritime. Le présent document fait état des progrès du programme et présente les plans pour une période d'environ deux ans.

## Introduction

Le 24 mars 1989, le pétrolier Exxon Valdez a frappé le récif Bligh dans la baie Prince William, en Alaska, en essayant d'éviter les glaces dans le chenal de navi-

gation principal. Un des facteurs qui ont contribué à ce désastre était la méthode de navigation traditionnelle utilisée, qui était lente et laborieuse. Cette méthode exigeait que l'officier de quart fasse des observations et les porte manuellement sur la carte papier pour déterminer où se trouvait le navire au moment des observations, soit souvent 2 ou 3 minutes plus tôt. Une nouvelle technologie excitante, désignée par le terme générique «carte électronique», qui trace la position du navire en continu sur un écran vidéo à haute résolution, superposée à une carte marine numérisée, aurait pu empêcher cet accident.

À la suite de l'échouement de l'Exxon Valdez, le Comité (canadien) d'examen public des systèmes de sécurité des navires-citernes et de la capacité d'intervention en cas de déversements en milieu marin (1990), présidé par M. D. Brander-Smith, a identifié la prévention des déversements comme la plus haute priorité pour la protection de l'environnement littoral et marin. Ce comité a recommandé que:

«afin de réduire les risques d'accidents, le Service hydrographique du Canada accélère le développement de la technologie des cartes électroniques et de l'infrastructure nécessaire, puis qu'il établisse un règlement exigeant l'utilisation de cartes électroniques à bord de tous les navires-citernes en eaux canadiennes.»

En juin 1991, les ministères des Transports, de l'Environnement et des Pêches et Océans ont annoncé l'allocation de 100 M\$ à une nouvelle stratégie d'intervention en cas de catastrophe écologique en mer, qui visait le développement d'un nouveau système de cartes de navigation électroniques capable de signaler aux navires les risques d'échouement et de collision.

Le plan stratégique du SHC pour atteindre ces objectifs comprend trois programmes distincts mais interdépendants :

- Programme de démonstration des cartes électroniques
- Programme d'infrastructure des données de carte électronique
- Élaboration de normes nationales et internationales

## Programme de démonstration des cartes électroniques

Les cartes électroniques se divisent généralement en deux catégories : celles qui sont reconnues comme l'équivalent légal et fonctionnel de la carte papier, connues sous le nom de Système électronique de visualisation des cartes marines (SEVCM), et celles qui complètent la carte papier - sans la remplacer - sur la passerelle du navire et qui sont désignées systèmes de cartes électroniques.

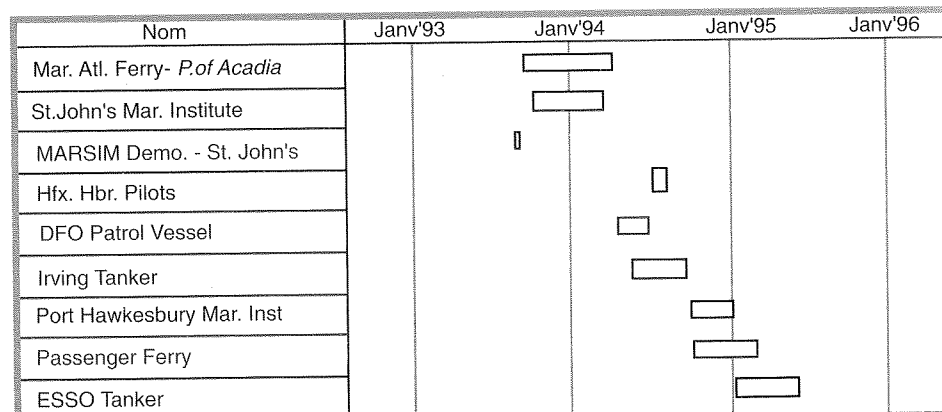


Figure 1: Déploiements ECPINS au Canada atlantique.

L'expression «sont reconnues comme» ci-dessus reflète le fait qu'en ce moment il n'existe nulle part au monde de règlement qui certifie un SEVCM. Cependant, une norme de performance du SEVCM, élaborée conjointement par l'Organisation maritime internationale (OMI) et l'Organisation hydrographique internationale (OHI) a été soumise à l'OMI en septembre 1993 et pourrait être approuvée en 1995. Il incombera alors à chaque nation d'adopter et/ou d'adapter cette norme et de mettre en oeuvre des procédures pour certifier le matériel conforme à la norme. Deux éléments clés pour l'utilisation dynamique et efficace du SEVCM sont : positionnement de précision, tel que celui qui peut être offert par le système de positionnement global différentiel; et données cartographiques numériques exactes à jour du bureau hydrographique décrites comme la carte de navigation électronique (CNE).

Bien que la norme de performance du SEVCM soit maintenant à l'étude à l'OMI, bien des détails sont encore en voie de développement, d'essai et d'évaluation dans un certain nombre de pays. Au Canada, ces essais sont effectués dans le cadre du Programme de démonstration des cartes électroniques du SHC. On aborde les tâches particulières suivantes :

- collaborer avec les clients pour élaborer des spécifications qui répondent à leurs besoins;
- constituer les fichiers CNE appropriés pour les principales routes des navires-citernes au Canada;
- tester et évaluer les normes existantes et proposées pour les systèmes et les données;
- collaborer avec les instituts maritimes partout au Canada pour mettre au point des programmes de formation pour le SEVCM afin de garantir que les utilisateurs seront conscients des forces et limitations de cette nouvelle technologie.

Pour effectuer ces essais, le SHC a conclu un accord de partenaires avec Offshore Systems, North Vancouver (C.-B.), un des principaux fournisseurs mondiaux d'équipement semblable au SEVCM appelé ECPINS (Electronic Chart Precise Integrated Navigation System). On a acheté six de ces systèmes, et vers la fin de 1993, une douzaine de démonstrations publiques et/ou des installations à bord de traversiers et de navires-citernes ainsi qu'à des instituts maritimes avaient eu lieu un peu partout au Canada. Les déploiements au Canada atlantique sont résumés à la figure 1, et l'affichage ECPINS est illustré à la figure 2. Un nombre similaire de déploiements est prévu pour 1994 et les plans pour 1995 sont en voie d'élaboration. En 1993, Canada Steamship Lines a acheté onze systèmes ECPINS, de sorte qu'on a intégré au programme de démonstration la fourniture de données CNE pour ces systèmes.

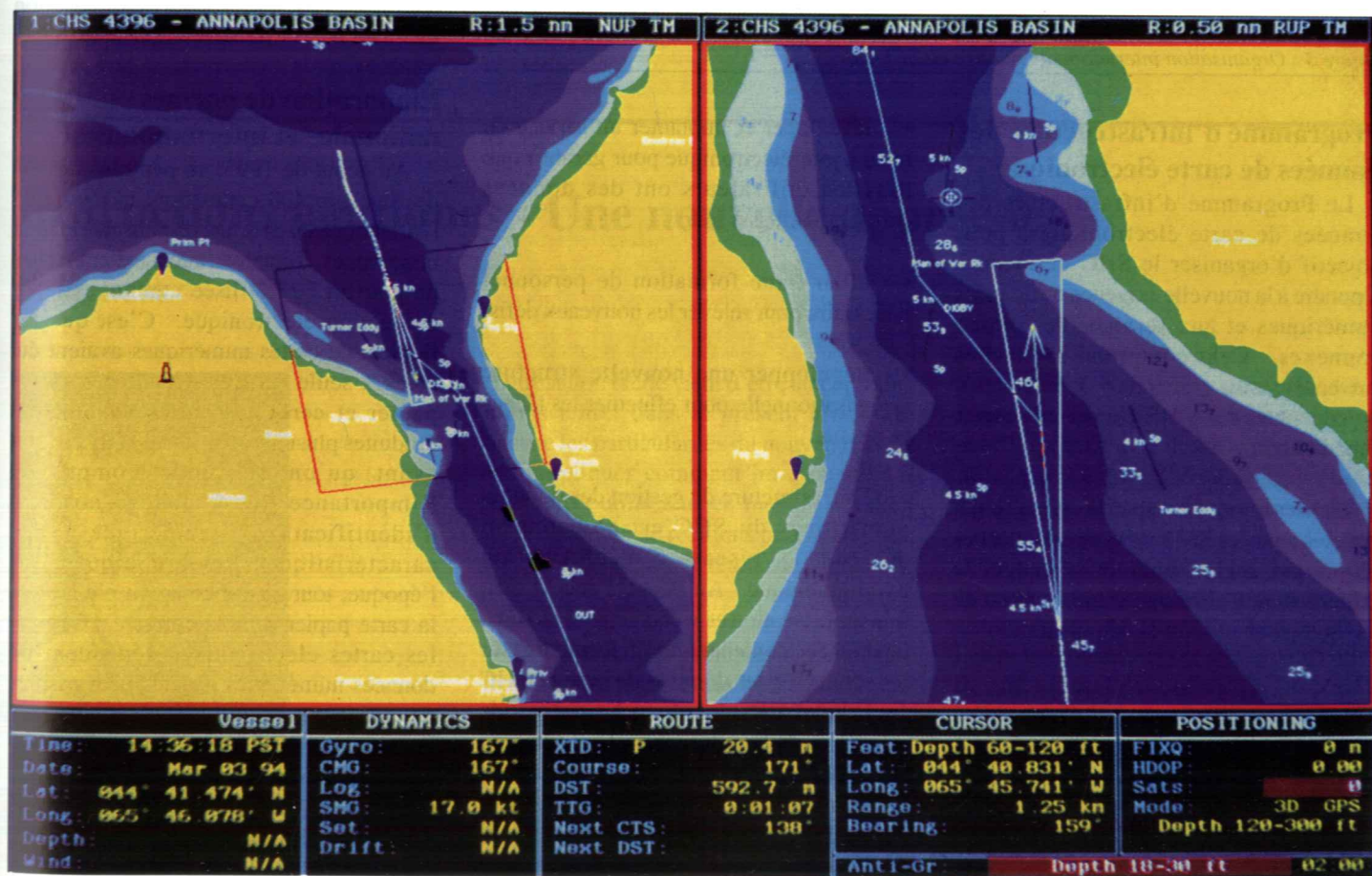


Figure 2 : Affichage du système canadien d'affichage et d'information de cartes électroniques ECPINS fabriqué par Offshore Systems, N. Vancouver (C.-B.). Cet affichage était produit en mode à écran partagé à bord du traversier maritime atlantique Princess of Acadia entrant dans le détroit Digby Gut; l'écran de droite est l'affichage ligne de foi en haut, tandis que l'écran de gauche est l'affichage Nord en haut. Le triangle en avant du navire est le secteur de danger défini par l'opérateur et que le système balaye automatiquement à la recherche de dangers pour la navigation. La flèche est le vecteur route effectivement parcourue/vitesse réelle du navire.

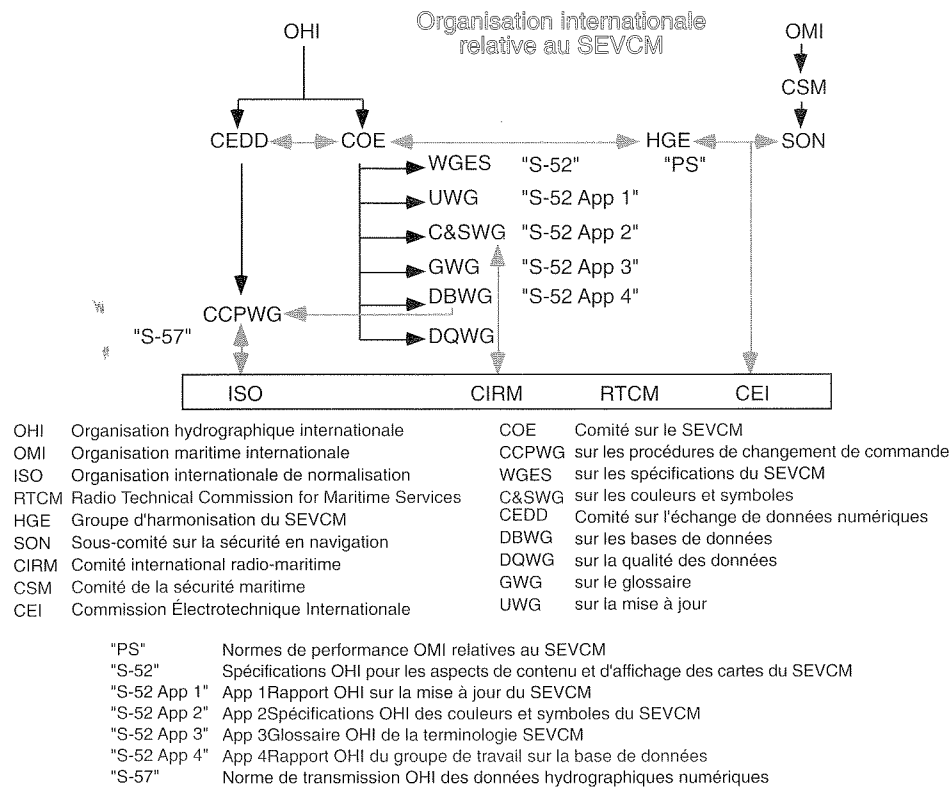


Figure 3 : Organisation internationale relative au SEVCM

### Programme d'infrastructure des données de carte électronique

Le Programme d'infrastructure des données de carte électronique a pour objectif d'organiser le SHC de façon à répondre à la nouvelle exigence de données numériques et aux services de soutien connexes. Cela comprend les tâches suivantes :

- constituer des CNE couvrant les eaux canadiennes;
- réaliser un modèle spatial orienté objet pour les données SEVCM et développer des objets par région pour le stockage, le traitement et l'affichage d'information de navigation et en faire la démonstration;
- développer l'infrastructure de base de données nécessaire, y compris un réseau pour relier tous les bureaux régionaux et l'AC du SHC;
- développer, réaliser et charger des bases de données qui gèrent l'information sur les données et services du SHC;
- développer et implanter un réseau de distribution pour répondre aux nouvelles exigences des clients;

- développer et implanter un service de mise à jour électronique pour garantir que tous les utilisateurs ont des données cartographiques à jour;
- offrir toute formation de personnel nécessaire pour relever les nouveaux défis;
- développer une nouvelle structure organisationnelle pour effectuer les tâches ci-dessus.

L'infrastructure de gestion des données numériques du SHC est globalement désignée réseau d'information hydrographique. Au début, l'accent était mis sur la création et le chargement de bases de données contenant de l'information sur les services et les données de base du SHC (c.-à-d. des méta-données). Le système de répertoire de base, qui gère l'information sur les données et documents de base fonctionne depuis environ trois ans et contient maintenant de l'information sur la presque totalité des données et documents de base du SHC. À long terme, l'accent sera mis sur la gestion des données de base. À cette fin, le SHC a conclu un accord de partenaires avec ORACLE Canada Ltd. pour développer la possibilité de gestion

de données spatiales et temporelles dans leur système de gestion de base de données relationnelles. Ce développement a commencé sous forme de projet de recherche au SHC et en est maintenant au stade des essais bêta; le produit s'appelle ORACLE Multi Dimension.

Le SHC a reconnu assez tôt que ses ressources limitées ne lui permettraient pas de satisfaire à la demande croissant rapidement en CNE et autres produits de carte numérique. Par conséquent, il a conclu un accord de partenaires avec Nautical Data International (NDI), à St. John's (Terre-Neuve), pour commercialiser les produits numériques du SHC. Les revenus générés par la vente de ces produits seront utilisés pour numériser d'autres cartes. Pour garantir que ces produits répondront aux mêmes normes élevées que les produits traditionnels du SHC, le SHC et NDI cherchent activement à implanter pour cette activité un système de gestion de la qualité conforme aux normes de l'Organisation internationale de normalisation (ISO 9000).

### Élaboration de normes nationales et internationales

Au début de 1993, un peu plus de 100 des quelque 400 cartes dont la région de l'Atlantique du SHC est responsable étaient numériques. Toutefois, aucune d'entre elles ne pouvait être utilisée comme carte de navigation électronique. C'est que les fichiers de cartes numériques avaient été créés à seule fin de soutenir des cartes papier et certaines cartes avaient été produites plusieurs années auparavant, soit avant qu'on se rende compte de l'importance des codes corrects d'identification numérique des caractéristiques topographiques. À l'époque, tout ce qui comptait c'était que la carte papier semble correcte. Comme les cartes électroniques dépendent de données numériques exactes pour assurer des opérations fiables, ces fichiers de cartes numériques ont dû être mis à jour. En outre, les cartes électroniques sont conçues pour effectuer des essais et des vérifications des données cartographiques, par exemple pour déterminer si le navire se trouve à l'intérieur de certaines zones (p. ex. des mouillages) ou à une distance spécifiée d'un contour de sécurité ou d'un autre point topographique dangereux. Pour que ces vérifications puissent être effectuées, les

données cartographiques ou la CNE doivent être structurées beaucoup plus rigoureusement qu'il n'était possible et qu'on ne le croyait, il y a environ un an. D'ici mars 1994, environ 25 cartes de la région de l'Atlantique seront entièrement conformes aux normes actuelles pour les CNE.

À l'intérieur du SHC, on fait des efforts majeurs pour élaborer des normes de fichier de carte numérique, des normes d'échange des données, etc. En outre, conjointement avec un certain nombre de partenaires du secteur privé, on développe des outils et procédures pour créer et diffuser des CNE, des mises à jour de CNE et d'autres produits hydrographiques numériques. Une bonne partie de ce travail est directement liée au travail similaire étant entrepris par des groupes de travail internationaux sous les auspices de l'OHI, de l'OMI et d'organisations semblables. La figure 3 illustre les relations entre ces organisations et donne le nom de certains des rapports publiés jusqu'ici.

Un autre objectif du programme des cartes électroniques du SHC consiste à recueillir assez d'information pour permettre la préparation de modifications législatives et réglementaires de la Loi sur la marine marchande du Canada, par exemple en ajoutant de nouvelles règles sur l'installation et l'utilisation du SEVCM au Règlement sur les cartes et publications. Ces modifications devront être compatibles avec les conventions réglementaires de l'OMI et de l'OHI ainsi qu'avec les lois et règlements canadiens connexes, tels que la Loi sur la responsabilité de l'État et la Loi sur le droit d'auteur.

### Conclusion

On a décrit la carte électronique comme le progrès le plus important en navigation maritime depuis l'avènement du radar. De plus, des essais et des évaluations un peu partout dans le monde ont nettement démontré que les cartes électroniques améliorent considérablement la sécurité en navigation. Cependant, alors que le radar est un système autonome, l'efficacité des

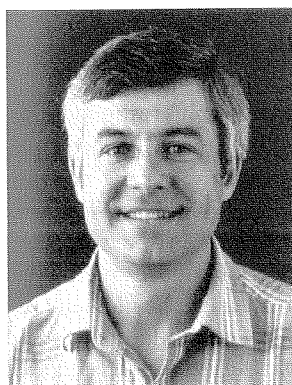
cartes électroniques dépend de plusieurs facteurs. Ainsi, celles-ci exigent un positionnement de précision (p. ex. le DGPS); des données de carte hydrographique et mises à jour officielles exactes; des entrées radar et autres entrées de navigation (p. ex. loch, gyro, échosondeur); et de l'équipement SEVCM rapide, fiable et ergonomique. Des normes de performance du SEVCM sont à l'étude à l'OMI et pourraient être approuvées d'ici 1995, mais il reste beaucoup de travail à faire. Le SHC et ses partenaires commerciaux comptent parmi les chefs de file mondiaux en matière d'activités relatives au SEVCM.

### Document de référence

Protégeons nos eaux» (1990), rapport final présenté au Comité d'examen public des systèmes de sécurité des navires-citernes et de la capacité d'intervention en cas de déversements en milieu marin (disponible au ministère des Approvisionnements et Services).

## Instructions nautiques - Une nouvelle approche

B. Pietrzak



B. Pietrzak

Les Instructions nautiques sont publiées par le Service hydrographique du Canada (SHC); elles sont destinées à procurer aux navigateurs des renseignements essentiels qui ne peuvent être donnés à l'aide de graphiques sur les cartes nautiques. Comme une nouvelle série de brochures

d'utilisation facile vient d'être lancée, nous allons tenter dans le présent article de décrire les particularités du nouveau projet et d'expliquer comment on a cherché à rejoindre l'utilisateur en mettant sur pied un programme de relations publiques et de consultation auprès du réseau de détaillants.

### Historique

Les Instructions nautiques sont des publications des organismes hydrographiques qui donnent des renseignements supplémentaires sur les cartes qu'elles accompagnent. Dans le passé, elles se composaient de notes diverses qui avaient été recueillies auprès des navigateurs et qui contenaient leurs impressions générales sur les différents ports et havres qu'ils avaient visités (à cette époque-là, plusieurs de ces ports ne se retrouvaient même pas sur les cartes). Elles contenaient souvent des commentaires du genre «les indigènes sont

accueillants», «on peut y trouver de l'eau douce» ou «un certain M. Zwicer qui habite sur l'île peut trouver des débardeurs en peu de temps». Les premiers navigateurs étaient si avides de renseignements que la publication de ces notes devint bientôt une industrie très compétitive, où chaque éditeur essayait de surpasser ses concurrents. À la longue, leur contenu devint tellement exagéré que la publication de cartes dignes de confiance porta atteinte à leur crédibilité. Éventuellement, ce sont les organismes hydrographiques gouvernementaux qui se chargèrent de la publication «officielle» de ces notes documentaires sur la navigation qu'on appelle aujourd'hui les Instructions nautiques.

### Usage et application

En vertu du Règlement sur les cartes et publications de la Loi sur la marine



marchande du Canada, tous les navires d'un certain tonnage doivent avoir à bord des Instructions nautiques, des Cartes nautiques, des Tables des marées et diverses autres publications du Service hydrographique du Canada et de la Garde côtière canadienne. Certaines dispositions du règlement permettent aux navigateurs de se servir de cartes et de publications équivalentes publiées par d'autres pays. Plusieurs organismes hydrographiques utilisent les Instructions nautiques du SHC comme matériel de référence pour leurs publications.

Les Instructions nautiques sont aussi utiles aux plaisanciers, aux agents maritimes et à divers organismes gouvernementaux. Les informations qu'on y retrouve sont souvent citées dans les guides de croisières et les publications sur la navigation de plaisance. À titre de guide officiel pour la navigation, les Instructions nautiques ont gagné le respect de la communauté maritime.

À chaque fois que de nouveaux dangers à la navigation sont découverts, que de nouveaux chenaux sont dragués, que de nouvelles aides à la navigation sont installées ou d'anciennes reconstruites, que des terminaux maritimes ou des quais sont construits ou modifiés, que de nouveaux relevés hydrographiques sont faits, il faut que les renseignements donnés par les cartes et publiés dans les Instructions nautiques soient mis à jour. Les changements et les corrections aux publications du SHC sont annoncés dans les Avis aux navigateurs. Ces derniers sont publiés à toutes les deux semaines par la Garde côtière canadienne pour informer la communauté maritime des changements relatifs à la sécurité maritime. Lorsque la quantité de changements affectant l'un ou l'autre des documents publiés par le SHC devient trop importante, on publie une nouvelle édition.

Avant 1972, les Instructions nautiques n'étaient publiées qu'à l'occasion, sous forme de livre relié. Quand le nombre de changements devenait trop important, on faisait paraître des suppléments. Il arrivait souvent que l'édition de bord contienne plusieurs remarques à l'encre rouge prélevées dans les Avis aux navigateurs et quelques suppléments brochés et placés en encart entre les couvertures.

### Instructions nautiques d'utilisation facile

- livrets sur la topographie côtière - l'utilisateur peut choisir les régions qui l'intéressent
- brochures peu coûteuses tant à la production qu'à l'achat
- pictogrammes faciles à comprendre
- même les petits ports y sont mentionnés

### 1972 - Nouvelle présentation

Des Instructions nautiques nouveau genre (impression offset assistée par ordinateur, couleurs vives, couvertures souples) firent leur apparition en 1972. On pouvait maintenant y retrouver plusieurs photographies partielles ou complètes de ports, de havres, de chenaux et de passages difficiles. Bien qu'adéquats, ces livres trop détaillés devinrent rapidement très volumineux. On y retrouvait de l'information prise dans d'autres publications que l'on devait déjà, en vertu du règlement, avoir à bord. De longs paragraphes verbeux décrivaient l'histoire de la région, le mode de vie des habitants et les responsabilités respectives des différents paliers de gouvernement. Ils étaient écrits comme s'il n'y avait pas d'autres moyens de communiquer à la



Mouillage



Quai



Marina



Courant



Avertissement



Feu



Point d'appel radio



Poste de sauvetage



Pilotage

*Pictogrammes faciles à comprendre*

communauté maritime internationale ce qui se passait au Canada.

On devait en subventionner la publication, dans les deux langues officielles, par la vente d'autres produits du SHC. Les volumes couvrant les eaux très peu fréquentées le long de littoraux peu peuplés ne se vendaient pas bien. Il arrivait souvent que l'on doive en distribuer plusieurs exemplaires gratuitement pour usage officiel à d'autres agences gouvernementales et à des flottes. En en tirant le moins d'exemplaires possible pour éviter qu'elles ne s'accumulent sur les tablettes, on en faisait monter le prix unitaire.

### Dans les années 1980

Au cours des années 1980, on institua de nouveaux programmes de recouvrement des coûts qui imposèrent des exigences rigoureuses sur l'établissement du prix des publications du gouvernement. Par exemple, le prix des Instructions nautiques, qui était de 8 \$ en 1982, passa à 55 \$ en 1992, ce qui est trop élevé pour que ceux qui n'y sont pas obligés par la loi se les procurent. Il fallait définitivement adopter une nouvelle approche.

### Les Instructions en format livret

Après un important programme de consultation auprès des utilisateurs, le SHC a conçu une nouvelle série d'Instructions nautiques qui comporte plusieurs avantages. Elles se présentent désormais sous forme de livrets brochés peu coûteux de 120 pages ou moins qui couvrent des régions géographiques plus restreintes. Les utilisateurs ont l'option de n'acheter que les livrets qui les intéressent. Le nouveau format permet plus de souplesse au niveau de la fréquence d'impression des mises à jour, particulièrement pour les régions où l'environnement change rapidement. En résumé, le livret est un produit que tout le monde a les moyens d'acheter. Une fois les frais d'acquisition du matériel d'édition couverts, on a pu vendre les livrets sur le fleuve Saint-Laurent pour aussi peu que 6,95 \$.

Les livrets sont conçus pour être rangés dans des cartables à anneaux standard avec les autres publications connexes comme les Symboles et abréviations relatifs aux cartes marines et les Tables des marées. On peut

donc conserver tout le matériel pertinent au même endroit.

Les livrets d'Instructions nautiques contiennent en annexe des diagrammes qui illustrent les bassins d'accostage et qui donnent la profondeur des eaux des petits ports. Un grand nombre de ces installations sont possédées et exploitées par des agences du ministère des Pêches et Océans ou de Transport Canada. C'est la première fois que ces petits ports apparaissent sous forme cartographique. Cette présentation détaillée des petits ports augmente la valeur marchande des Instructions nautiques et favorise la sécurité maritime à tous les niveaux.

### Rejoindre le public

Même si les navigateurs ont toujours utilisé des cartes, très peu sont au courant des efforts qu'il faut déployer pour publier une seule feuille de papier illustrant les dangers à la navigation. Les sources d'information sont diverses, et tous les détails doivent être vérifiés pour s'assurer que la dernière édition contiendra les plus récents renseignements. À force de communiquer ses efforts de production et de préparation, le SHC a réussi à mieux faire apprécier la qualité de ses produits, et à mieux faire comprendre leur utilité.

#### Rejoindre le public

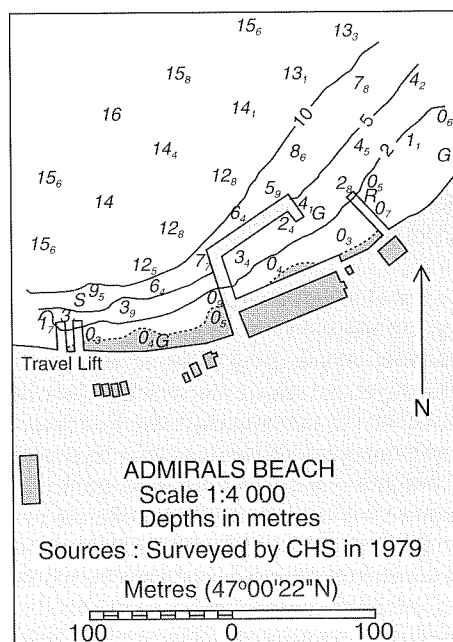
- par réseautage - des groupes aux intérêts communs
- être attentifs aux préoccupations des autres pour répondre à des intérêts réciproques
- se servir des bulletins et magazines d'autres groupes
- activités sur place
- séminaires avec groupes cibles - expliquer notre travail, notre produit

La façon la plus efficace de rejoindre sa clientèle, c'est de faire intervenir les détaillants, ceux qui offrent le produit au public. Ces agents sont sur la ligne de front et ils sont les premiers à entendre les doléances du public sur la qualité des produits du SHC.

On exige des détaillants qu'ils



Bob Corbett (député de Fundy Royal), au centre, et Neil Bellefontaine (directeur-général régional pour la MPO), à droite, dévoilent la nouvelle carte 4116 lors du pique-nique de la semaine nationale des transports de la Corporation du port de Saint-Jean, en juin 1993



Les diagrammes donnent un « portrait » des petits havres et des petits ports.

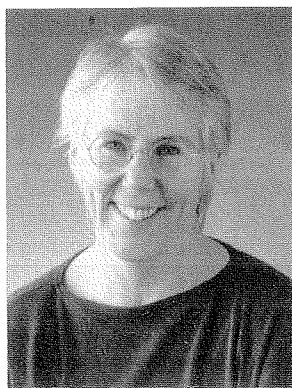
satisfassent aux conditions de l'entente qu'ils ont conclue avec le Service hydrographique canadien. La plus importante de ces conditions exige d'avoir sur place et de vendre seulement la dernière édition des documents du SHC. Les cartes désuètes doivent être continuellement remplacées par de nouvelles éditions avec renseignements à jour. En vertu de

l'entente, il est interdit de vendre des cartes désuètes. Ces dernières doivent être détruites.

Les représentants du SHC sont tenus de visiter les détaillants pour passer leur stock en revue et chercher à comprendre, en personne, comment la clientèle perçoit les produits du SHC. Cette emphase sur la communication a eu pour résultat concret la publication de la carte 4116 représentant l'approche ouest au port de Saint-Jean, Nouveau-Brunswick qui a été mise sur le marché en juin 1993. Les pêcheurs, plaisanciers et transporteurs commerciaux de la baie de Fundy s'étaient alarmés du manque de couverture de la région à l'ouest de Pointe-Lepreau sur la plupart des cartes. Auparavant, on ne montrait cette partie du littoral qu'à très petite échelle et il y avait un écart entre les secteurs documentés. Les détaillants, après avoir exprimé leurs inquiétudes au SHC, ont contribué à corriger la situation.

# Traitement de carottages sédimentaires au Centre géoscientifique de l'Atlantique : applications géomécaniques de pointe à la recherche géologique marine

K. Moran



K. Moran

## Introduction

La recherche géologique marine est un domaine d'étude qui nécessite l'apport de nombreuses disciplines. Parmi celles-ci figurent la géophysique, la paléontologie, la sédimentologie, la géologie structurale, la paléomagnétique et la géochimie. La plupart des études géologiques marines font usage, au minimum, de données de sismique-réflexion, qui sont considérées

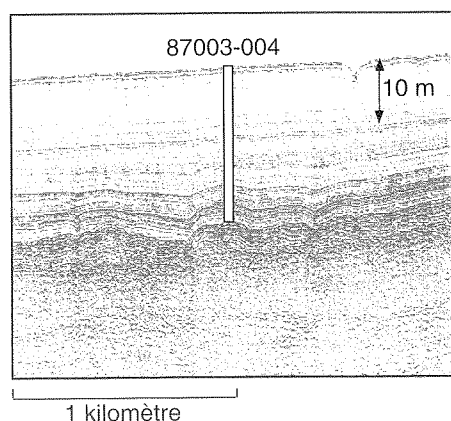


Figure 1 : Données de sismique-réflexion à haute résolution du bassin Emerald, plate-forme Néo-Écossaise. Les lignes sombres généralement subhorizontales sont des réflecteurs sismiques. La position d'un échantillon prélevé au moyen d'un carottier à piston (87003-004) est indiquée (tiré de Moran, 1993).

comme les plus fondamentales. Des variations des propriétés des sédiments marins (p. ex. de la densité apparente et de la vitesse acoustique) entraînent des variations dans les niveaux d'énergie acoustique réfléchi du fond marin et de la subsurface. Ces variations d'énergie acoustique se traduisent par la présence de réflecteurs parmi les données sismiques. Ces réflecteurs, lorsque reportés selon la distance le long d'une ligne sismique sur l'axe des x versus le temps de trajet sur l'axe des y, engendrent une image bidimensionnelle du fond marin (figure 1). Les réflecteurs sont interprétés dans un cadre géologique et des sites sont sélectionnés le long de la ligne sismique pour la cueillette d'échantillons, de sorte que les coordonnées des réflecteurs puissent être étalonnées. L'étalonnage des données sismiques au moyen d'échantillons de carottage est généralement désigné réalité de terrain sismique.

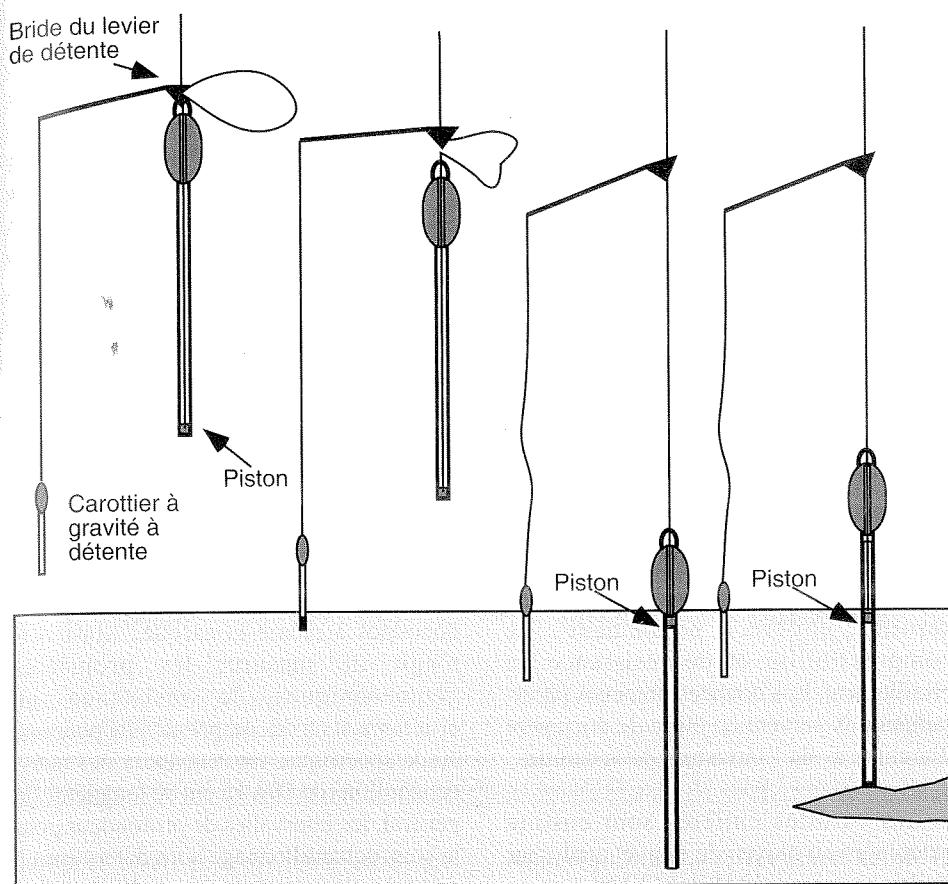
Les éléments de réalité de terrain requis varient selon le type d'étude géologique marine. Ainsi, pour l'étude d'un site industriel, la réalité de terrain, c'est la résistance et la compressibilité des unités sédimentaires définies par les réflecteurs sismiques. Dans les études de géologie marine où la colonne sédimentaire est analysée en tant qu'enregistrement de changements climatiques dans le passé, la réalité de terrain, ce seront peut-être des variations isotopiques de composantes sédimentaires servant d'indices indirects de ces changements climatiques. Les études de l'histoire glaciaire et des bassins sédimentaires nécessitent une réalité de terrain qui définisse les caractéristiques des réflecteurs sismiques de manière telle que ceux-ci puissent être interprétés comme des stratifications ou, à certains endroits, comme des surfaces d'érosion. Dans tous ces cas, la réalité de terrain, ce sont des propriétés physiques sédimentaires. Et, dans chaque cas, il a fallu mesurer des propriétés géomécaniques.

Il est par ailleurs essentiel de mesurer les propriétés physiques d'échantillons de carottage de manière à ce que les données des carottages et les données sismiques puissent être associées. Or les études nécessitant l'emploi et l'intégration de données de sismique-réflexion et de données d'échantillonnage de carottages se heurtent à un problème : en effet, chacun de ces ensembles de données s'appuie sur un niveau de référence différent pour la détermination de la profondeur sous le fond marin. Les données de sismique-réflexion sont enregistrées comme fonction du temps requis pour que l'énergie acoustique se déplace de la source au fond marin, où une partie de l'énergie incidente est réfléchi vers le récepteur. Les données de carottage sont enregistrées comme fonction de la profondeur physique sous le fond marin. La méthode la plus directe pour associer ces deux ensembles de données consiste à transformer les données de carottage en référence temporelle en construisant un sismogramme synthétique de l'échantillon de carottage. Les sismogrammes synthétiques sont élaborés au moyen de mesures des propriétés physiques des sédiments.

Le présent article décrit les méthodes utilisées au laboratoire du Centre géoscientifique de l'Atlantique (CGA) pour le traitement de carottages de sédiments pour l'analyse de leurs propriétés physiques et fournit des exemples d'applications mécaniques aux études géologiques marines.

## Méthodes

L'outil le plus couramment utilisé afin d'obtenir des échantillons pour des études géologiques marines est le carottier à piston (figure 2). Mais le pouvoir de pénétration de cet instrument est limité. Si des carottes ont certes été récupérées à partir de profondeurs supérieures à 30 mètres en dessous du fond marin, les



(a) Position avant la détente (b) Position de détente (c) Positions post-carottage

Figure 2 : Schéma d'un carottier standard à piston. Le carottier consiste en un tube d'acier qu'on enfonce dans le fond marin grâce à l'énergie libérée par la chute libre d'une masse lourde. Un piston est inséré dans le tuyau pour y provoquer un léger effet de succion, réduisant ainsi la perturbation à laquelle la carotte est soumise.

profondeurs de récupération sont en général de l'ordre de 10 à 20 mètres. En outre, l'emploi du carottier à piston est restreint aux sédiments mous à grain fin. Lorsqu'on a affaire à d'autres types de sédiments, il faut recourir à des techniques d'échantillonnage plus complexes. Ainsi, il faut faire appel à des vibrocarottiers pour récupérer des sédiments à gros grain et des techniques de forage doivent être mises en oeuvre pour échantillonner dans des sédiments très rigides.

L'échantillonnage au moyen du carottier à piston est coûteux. C'est pourquoi, à chaque utilisation, le carottier doit être soigneusement mis en place par rapport aux données de référence fournies par la sismique-réflexion. Il importe en outre de planifier avec soin la nature des analyses et mesures requises pour satisfaire aux objectifs, de sorte que chaque carotte soit d'utilité scientifique maximale.

Les carottes sont prélevées au moyen d'un tuyau d'acier garni d'une gaine en plastique transparent. Une fois la carotte enlevée, le fourreau en plastique est retiré du tuyau d'acier avant qu'on ne procède aux premières étapes du traitement de la carotte. Chaque gaine en plastique est ensuite sectionnée en tronçons de 1,5 m et encapuchonnée. Les carottes sont emmagasinées verticalement dans un espace réfrigéré jusqu'à traitement ultérieur. Si les carottes ne sont pas traitées immédiatement, les capuchons sont scellés avec de la paraffine pour empêcher les pertes d'humidité.

Le traitement des carottages est normalement planifié de manière à satisfaire aux besoins d'une étude spécifique. Au Centre géoscientifique de l'Atlantique, le protocole de traitement des carottages a évolué; des techniques standard sont appliquées pour chaque carotte et des techniques supplémentaires sont

incorporées au protocole pour répondre à des objectifs scientifiques spécifiques. Des techniques nouvelles et innovatrices enrichissant l'information obtenue à partir de chaque carottage sont désormais partie intégrante des procédés de traitement standard. Il y a dix ans, les objectifs scientifiques étaient plus modestes qu'aujourd'hui : le traitement consistait à fendre la carotte verticalement en deux demi-sections, à échantillonner une moitié pour l'étude de la biostratigraphie et de la granulométrie et à décrire visuellement l'autre moitié pour la détermination de la couleur et du type de sédiment. Un des désavantages que comporte ce procédé est qu'une fois la carotte fendue, elle commence à perdre de l'humidité et à s'oxyder. La perte d'humidité entraîne la destruction des propriétés physiques originelles des sédiments et l'oxydation celle des propriétés géochimiques originelles. C'est pourquoi, si des mesures physiques et mécaniques n'étaient pas effectuées au moment de l'ouverture de la carotte, ces données étaient perdues et ne pouvaient être récupérées qu'en procédant à un nouveau carottage au même site.

Les techniques modernes de traitement des carottages permettent la mesure de paramètres critiques susceptibles de se dégrader avec le temps. Au CGA, les carottes entières et scellées sont d'abord radiographiées aux rayons X (figure 3), par fluoroscopie X, et les données obtenues sont enregistrées sur bande vidéo à haute densité. Ces données satisfont à deux objectifs : (1) interpréter les caractéristiques géologiques



Figure 3 : Photographie du système d'irradiation aux rayons X du CGA. La carotte est insérée verticalement dans un habitacle commandé par ordinateur qui la déplace et la fait pivoter pendant que l'opérateur observe les données obtenues par rayons X sur un moniteur à affichage vidéo.

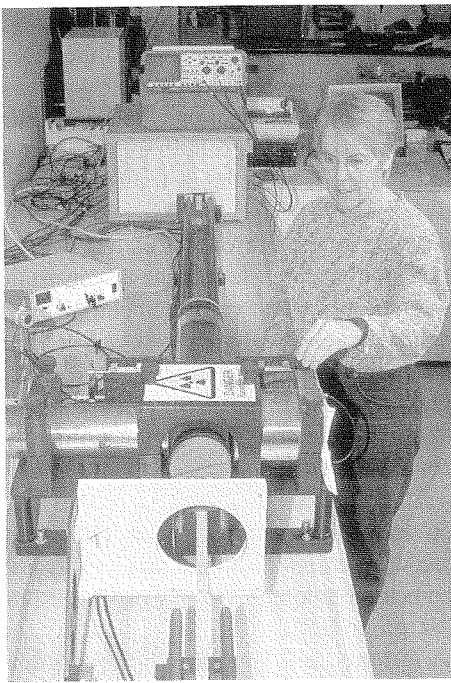


Figure 4 : L'analyseur multisenseurs (AMS), qui comporte trois détecteurs mesurant, de manière non destructive, les propriétés physiques du carottage entier.

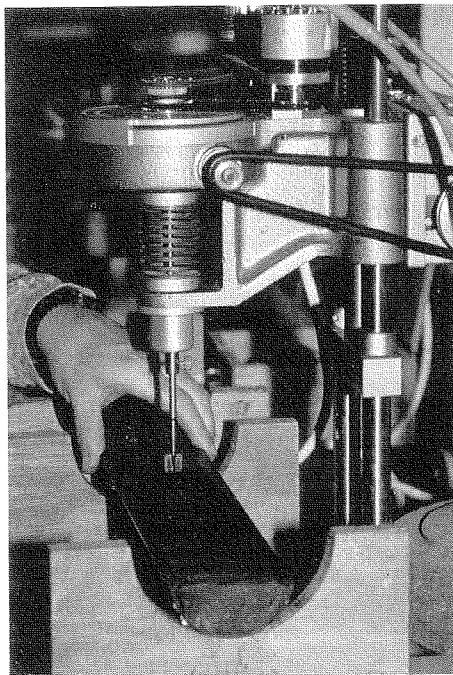


Figure 5 : Scissomètre miniature avant insertion dans la section pour essais d'une carotte sectionnée. Cet appareil mesure la résistance au cisaillement sans drainage de sédiments à grain fin. Le CGA a modifié cet appareil standard de manière à ce que les données soient recueillies numériquement et automatiquement.

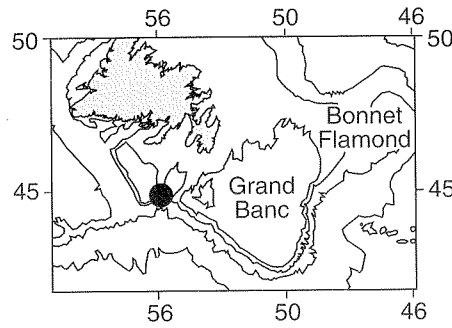


Figure 6 : Carte des Grands Bancs de Terre-Neuve. Le trou de sondage 87400-02 est situé dans le chenal du Flétan; son emplacement est indiqué sur la carte au moyen d'un cercle plein.

sédimentologiques ou structurelles et (2) sélectionner des intervalles pour la réalisation d'essais géotechniques sur la carotte entière, notamment de compressibilité et de résistance au cisaillement. Les données obtenues par irradiation X servent en outre de document d'archive avant l'ouverture de la carotte.

Les carottes entières sont ensuite examinées au moyen du nouvel analyseur multisenseurs (AMS). L'AMS est un appareil à trois composantes fabriqué par GEOTEKTM qui mesure de manière non destructrice les propriétés physiques des sédiments (figure 4). Ces trois composantes sont respectivement une paire de transducteurs de mesure de la vitesse d'ondes acoustiques compressives (ondes p), un détecteur de l'atténuation de rayons gamma et un détecteur de susceptibilité

magnétique. Le capteur d'ondes p mesure la vitesse acoustique des sédiments. L'atténuation de rayons gamma fournit une mesure de la densité apparente. Des changements de vitesse acoustique et de densité apparente provoquent l'apparition de réflecteurs sismiques. La mesure à haute résolution de ces deux propriétés physiques selon la profondeur permet l'élaboration d'un sismogramme synthétique. La susceptibilité magnétique, enfin, est une mesure de l'abondance des minéraux magnétiques dans les échantillons de carottes. Ce dernier paramètre a été utilisé avec grand succès comme outil de corrélation entre sites de carottage.

Une fois les essais non destructifs terminés, des sous-échantillons sont découpés à même la carotte. Ainsi, s'il s'agit de mesurer les propriétés géomécaniques de résistance au cisaillement ou de compressibilité pour une étude spécifique, on découpera des sous-échantillons de 10 à 15 cm de longueur. En général, les intervalles de profondeur pour le sous-échantillonnage sont déterminés à partir des données fournies par l'irradiation X et l'AMS. Ces sous-échantillons sont ensuite encapuchonnés, scellés dans la paraffine et emmagasinés dans de l'eau de mer réfrigérée jusqu'à ce qu'ils soient de nouveau soumis à des essais.

Après prélèvement de sous-échantillons de la carotte, celle-ci est sectionnée longitudinalement en deux moitiés, la sec-

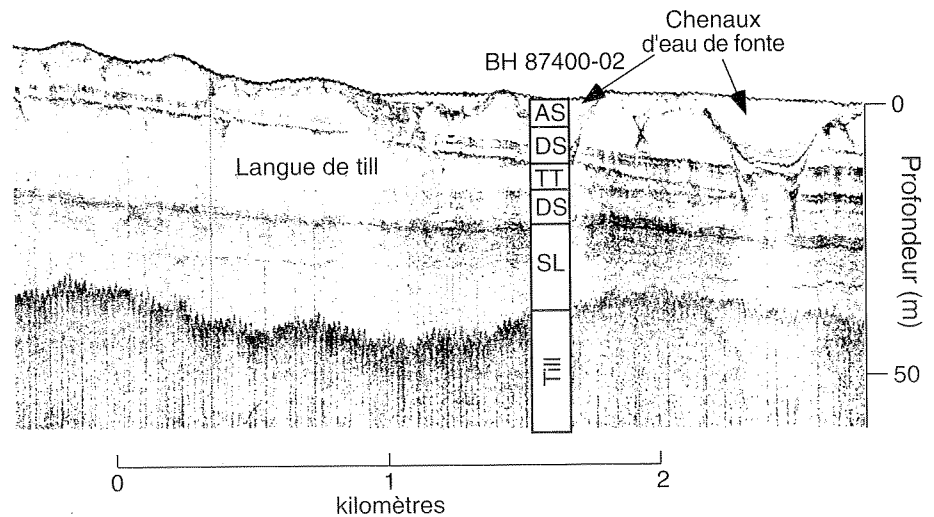


Figure 7 : Profil de sismique-réflexion à haute résolution des sédiments dans le chenal du Flétan. On a indiqué les unités lithologiques traversées par le trou de sondage 87400-02 : AS, Sables d'Adolphus; DS, Silt de Downing; TT, bordure distale d'une langue de till; SL, sédiment rouge du golfe du Saint-Laurent.

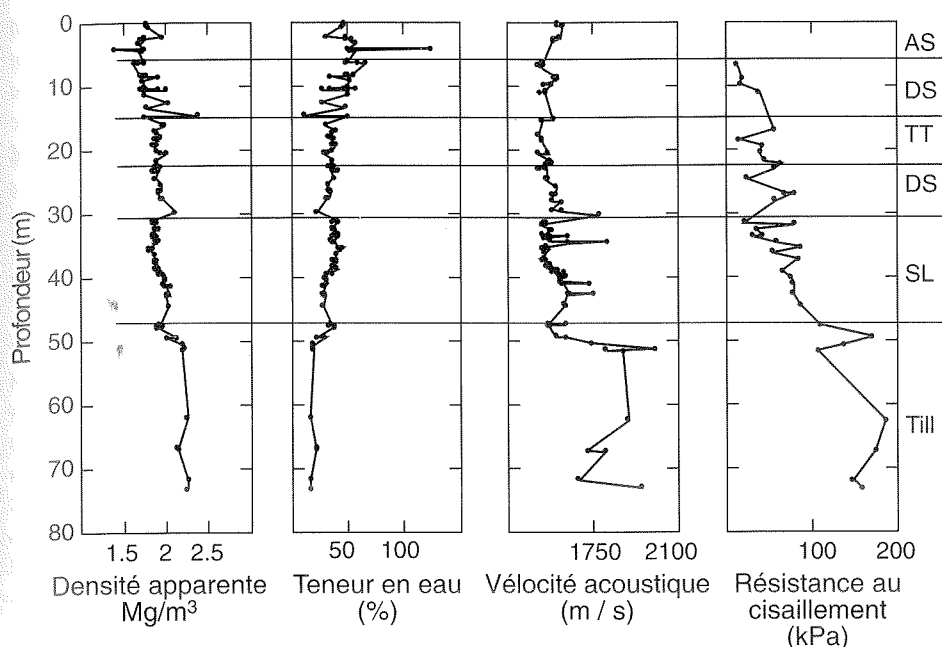


Figure 8 : Propriétés physiques et géotechniques des sédiments extraits du trou de forage 87400-02 dans le chenal du Flétan. Les limites des unités lithologiques sont indiquées au moyen de lignes horizontales et étiquetées au moyen d'abréviations : AS, Sables d'Adolphus; DS, Silt de Downing; TT, bordure distale d'une langue de till; SL, sédiments rouges du golfe du Saint-Laurent.

tion pour essais et la section d'archivage. Ces deux sections sont soumises à un traitement différent. La section d'archivage sert à la fois de document d'archive et de matériau pour études futures. La section pour essais est utilisée afin de remplir des objectifs d'étude déjà définis. La section d'archivage est d'emblée photographiée et décrite visuellement. Le CGA a désormais remplacé l'évaluation visuelle subjective de la couleur de la carotte par la mesure

numérique de la réflectance selon la couleur. Quant à la section pour essais, elle est dès le départ soumise à des mesures de propriétés physiques et de paramètres géochimiques se dégradant avec le temps. La résistance au cisaillement sans drainage (figure 5), la résistivité électrique et le potentiel d'oxydoréduction sont ainsi mesurés rapidement après le sectionnement de la carotte. Après ces mesures d'importance critique, des sous-

échantillons sont prélevés pour d'autres analyses, notamment des analyses granulométriques, micropaléontologiques, palynologiques et paléomagnétiques.

Une fois le traitement terminé, les carottes sont scellées dans une double épaisseur de plastique et emmagasinées dans des tubes en forme de d et en plastique rigide rangés dans un espace réfrigéré. Règle générale, les carottes sont retirées de l'entreposage pour un sous-échantillonnage et des observations ultérieures après achèvement de la compilation et de l'interprétation des ensembles de données initiaux.

### Applications géomécaniques : Histoire glaciaire

Les Grands Bancs de Terre-Neuve sont formés d'une série de bancs, qui ont notamment pour nom banc à Vert, banc de la Baleine, banc de St-Pierre, bancs Burgeo et, le plus étendu, Grand Banc. En se fondant sur les données de sismique-réflexion, Fader et King (1981) ont décrit deux formations superficielles principales sur les Grands Bancs : les Sables et graviers des Grands Bancs et les sables d'Adolphus. Ces formations s'étendent de manière discontinue au sommet des bancs et recouvrent du till glaciaire, des sédiments glaciomarins et un substratum rocheux d'âge crétacé à tertiaire.

Trois grands chenaux séparent les bancs de la Baleine, de St-Pierre et Burgeo au sud de Terre-Neuve (figure 6). Un de ces chenaux, celui du Flétan, a été choisi pour une étude de réalité de terrain des données sismiques eu égard à l'histoire glaciaire. Dans la plupart des régions des Grands Bancs, les sédiments sont trop grossiers et/ou trop épais pour qu'ils puissent être échantillonnés au moyen des techniques standard avec carottier à piston. Aussi ce site a-t-il plutôt été échantillonné au moyen de techniques de forage.

L'interprétation des données de sismique-réflexion à haute résolution du chenal du Flétan révèle une série de dépôts glaciaires et glaciomarins qui ont été remaniés par un épandage fluvio-glaciaire sous forme de chenaux d'eau de fonte (figure 7). Trois trous de forage ont été percés et échantillonnés dans le chenal pour y déterminer le milieu de dépôt et l'historique

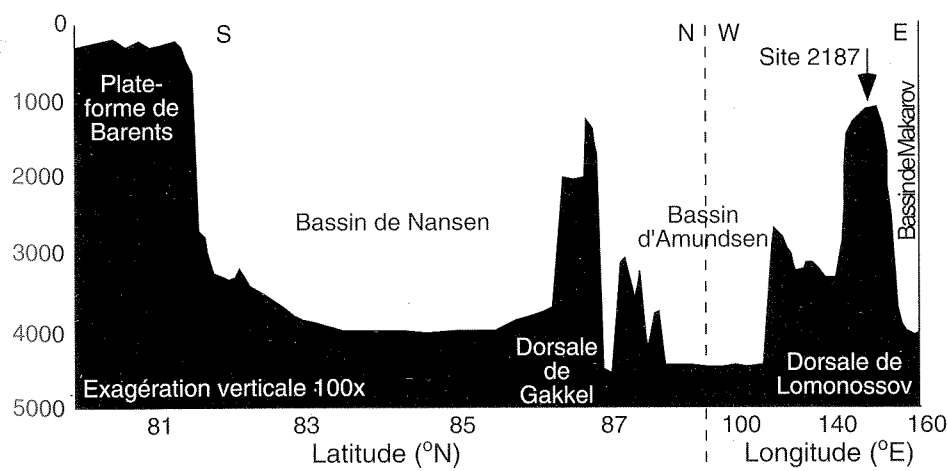


Figure 9 : Coupe schématique du bassin de l'océan arctique oriental à central. Le site 2187 est situé au sommet de la dorsale de Lomonossov, où la séquence sédimentaire est vraisemblablement ininterrompue et peut être utilisée pour des études paléo-océanographiques (modifié d'après Fütterer et al., 1992).

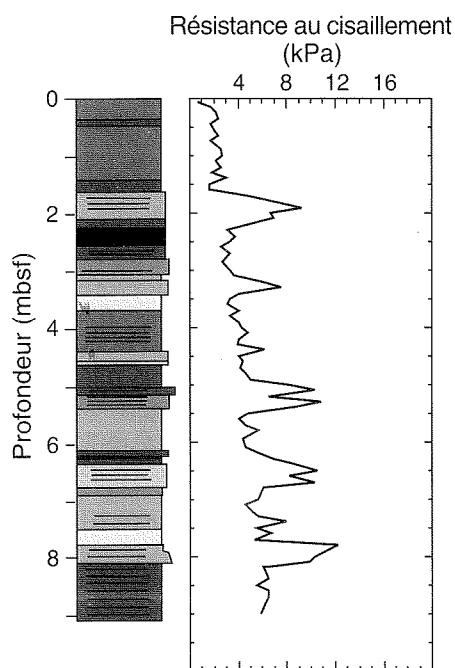


Figure 10 : Tracé de la résistance au cisaillement et de la lithologie d'un carottage extrait par carottier à piston au site 2187, sur la dorsale de Lomonossov, dans l'océan arctique central. Les pics de résistance au cisaillement coïncident avec des épisodes de dépôt de débris glaciaires (modifié d'après Fütterer, 1992).

des contraintes de ces dépôts (Moran, 1987).

Le trou de sondage 87400-02, le plus profond, a permis de recouper et d'échantillonner les principaux réflecteurs du profil de sismique-réflexion. Dans les 8 m supérieurs, les échantillons de forage consistent en sables fins qui ont rempli un chenal formé, estime-t-on, par des eaux de fonte sous-glaciaires (figure 8). Ces sables sont interprétés comme appartenant à la Formation marine récente des sables (SA) d'Adolphus (Fader et King, 1981). À la base du chenal d'eau de fonte se trouve un fort réflecteur (discordance); il a été identifié dans le trou de forage comme étant composé d'une couche d'un m d'épaisseur de coquilles et de sable. Sous le chenal, la nature glaciomarine des sédiments révélée par l'interprétation sismique est confirmée par la description des échantillons et par le profil des résistances au cisaillement. La résistance au cisaillement et la densité apparente de cette unité sont représentatives d'une argile silteuse normalement compactée. Cette unité est interprétée comme appartenant à la formation du Silt de Downing (DS). Une langue de till (TT),

telle qu'interprétée à partir des données sismiques, est incluse au sein de la formation DS. De telles langues de till ont été décrites comme étant des dépôts sous-glaciaires proches de la limite d'ancrage du glacier (King et al., 1991). Or l'unité TT possède des propriétés physiques semblables à celles de l'unité DS; elle est donc interprétée comme étant une séquence normalement compactée ayant vraisemblablement été déposée suite à un écoulement gravitaire de sédiments plutôt que sous forme de till de fond, lequel aurait probablement été surcompacté. Dans le trou de forage, l'unité DS limite à la fois le dessus et le dessous de l'unité TT. Une argile rouge massive est sous-jacente à l'unité DS inférieure; elle est vraisemblablement constituée de sédiments provenant de couches rouges érodées du golfe du Saint-Laurent (SL). Les propriétés physiques de ces sédiments sont caractéristiques d'une compaction normale. La vélocité acoustique est faible et la susceptibilité magnétique plus élevée que pour tout autre sédiment échantillonné dans le trou de forage, ce qui corrobore l'hypothèse que les sédiments de cette unité sont d'origine différente. Sous l'argile rouge se trouve un véritable dépôt de till de fond. Ce sédiment est diamictique, avec une forte résistance au cisaillement et une vélocité acoustique très élevée. En se fondant sur les données connues sur les résistances au cisaillement, on peut estimer l'épaisseur de glace qui reposait à cet endroit au moment du dépôt du till de fond. On estime ainsi que dans le chenal du Flétan la glace était d'une épaisseur minimale de 430 mètres.

### Paléo-océanographie

La géomécanique a d'importantes applications en géologie marine, en particulier en paléo-océanographie. Celle-ci est l'étude des sédiments marins dans le but de comprendre la circulation océanique du passé, le « climat » océanique, le climat terrestre et les limites océan/glace. Les méthodes et théories géotechniques ont été développées depuis de nombreuses années, et elles ont fait leurs preuves pour la mesure des propriétés diagnostiques, de la résistance et de la compressibilité sédimentaires (Terzaghi, 1943). De telles mesures sont utilisées dans les études paléo-océanographiques. Des mesures de résistance au cisaillement réalisées sur des

échantillons de carottage extraits de l'océan arctique peuvent ainsi permettre de déceler d'anciens événements climatiques. De longs carottages prélevés à la dorsale de Lomonossov dans l'océan arctique central (figure 9) représentent des sections sédimentaires ininterrompues par des dépôts d'écoulement en masse; ils peuvent donc présenter un enregistrement continu du climat.

Dans un carottage provenant de la dorsale de Lomonossov, des données sur la résistance au cisaillement révèlent un accroissement général de cette variable en fonction de la profondeur sous le plancher océanique (figure 10). Des valeurs élevées de cette même variable se superposent à cette augmentation d'arrière-plan, valeurs attribuées à des épisodes d'accroissement du dépôt de débris glaciaires. Ces épisodes ont vraisemblablement eu lieu à la fin de cycles glaciaires, puisqu'ils représentent en quelque sorte d'importants épisodes de purge des grandes calottes glaciaires continentales de l'hémisphère nord. La détermination du caractère cyclique de tels épisodes permettra de mieux circonscrire les interactions des calottes glaciaires avec le climat global.

### Résumé

Les installations de traitement des carottages du Centre géoscientifique de l'Atlantique disposent des capacités de traitement des échantillons sédimentaires marins les plus avancées qui soient aujourd'hui. Les installations géomécaniques ne constituent qu'une partie des capacités de traitement du CGA. De tels travaux fournissent des données pour un large éventail d'études géologiques marines. Celles-ci s'étendent des recherches appliquées (par exemple pour l'étude de sites industriels) aux recherches environnementales (par exemple en paléo-océanographie), comme cela a été sommairement décrit plus haut. Les installations de laboratoire constituent un outil de travail de premier ordre pour les scientifiques oeuvrant au CGA en géologie marine environnementale, de même que pour les scientifiques invités. L'année dernière, ces installations ont été utilisées par des scientifiques des États-Unis, de Russie, de Suède, d'Allemagne et de France. Ces ressources de laboratoire sont uniques, et on s'attend à ce qu'elles soient

l'objet d'une demande croissante à mesure que grandissent les besoins en recherche marine environnementale.

### Remerciements

Mike Lewis et Kevin Robertson ont révisé cet article avant sa publication. Kate Jarrett a contribué à la préparation des photographies.

### Références

FADER, G.B. and L. H. KING 1981. A reconnaissance study of the surficial geology of the Grand Banks of Newfoundland. *Current Research, Geological Survey of Canada* 81-1A:45-56

FUTTERER, D.K. 1992. Reports on Polar Research; ARCTIC'91: The expedition ARK-VIII/3 of RV *Polarstern* in 1991. Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Federal Republic of Germany, 132p.

KING, L.H., K. ROKOENGEN, G.B. FADER, and T. GUNLEIKSRUD 1991. Till tongue stratigraphy. *Geological Society of America Bulletin*, 103:637-659

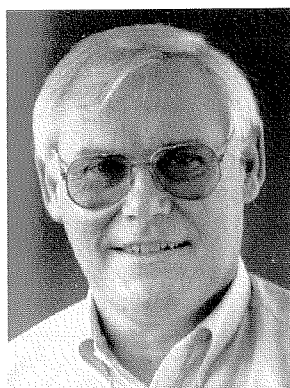
MORAN, K. 1987. Cruise Report 87400, M/V Balder Challenger, Atlantic Geoscience Centre, Bedford Institute of Oceanography, 32p.

MORAN, K. 1993. Offshore site investigations on Canadian continental margins, p. 860-887 *In Proceedings of the Fourth Canadian Marine Geotechnical Conference*, St. John's, Newfoundland.

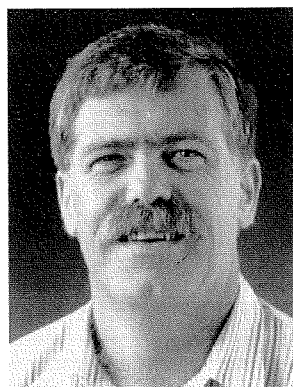
TERZAGHI, K., 1943. *Theoretical Soil Mechanics*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 510p.

## Géologie marine environnementale

D.B. Prior et R.A. Pickrill



D.B. Prior



R.A. Pickrill

Le programme canadien de géologie marine environnementale de la Commission géologique du Canada, à l'Institut Bedford d'océanographie (IBO), contribue à assurer le développement soutenu des régions côtières et marines du Canada. L'objectif de ce programme est de comprendre les processus géologiques naturels agissant sur les régions côtières et marines et l'impact des développements passés, présents et futurs sur les systèmes

environnementaux. Un large éventail de projets fournit des informations indispensables à la mise en oeuvre des stratégies canadiennes de maintien de la qualité de l'environnement marin et de gestion des zones littorales. Étant donné que les systèmes environnementaux marins sont complexes et très variables et dynamiques, la caractérisation complète de ces systèmes, notamment des côtes, des estuaires, des plates-formes continentales et des régions

abyssales nécessite une compréhension holistique des interactions entre composantes biologiques, physiques, chimiques et géologiques. La Sous-division de géologie marine environnementale, au Centre géoscientifique de l'Atlantique (CGA), élabore et met en oeuvre des projets dans le but de donner corps à la composante géosciences dans ce cadre écosystémique. Parmi les principaux sujets de recherche figurent les processus littoraux, la stabilité et le transport sédimentaire des fonds marins, la géochimie sédimentaire, la géologie de l'ingénieur marine et la reconstruction des paléoenvironnements quaternaires. Ces activités de recherche bénéficient de l'appui d'un programme de développement technologique.

### Processus littoraux

La recherche littorale vise à comprendre, prédire ou atténuer les problèmes et dangers associés dus à l'érosion et au dépôt le long des littoraux et sur les fonds marins. Les études sont menées selon diverses échelles spatiales et temporelles dans le but



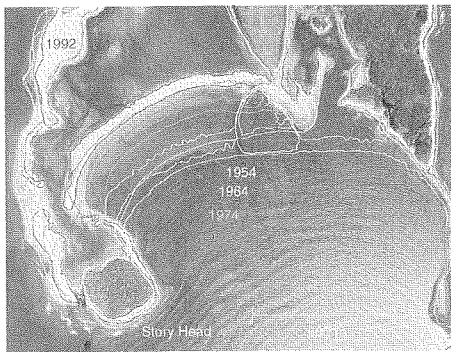


Figure 1 : L'érosion littorale vue sur photographies aériennes. Les modifications du tracé littoral sont mesurées à partir de photographies aériennes redressées par voie numérique au moyen du Système de soutien à l'analyse des ressources géographiques [Geographical Resource Analysis Support System, (GRASS)]. Les changements de position depuis 1954 de la ligne de rivage à Story Head, en Nouvelle-Écosse, sont illustrés par comparaison avec la photographie de 1992. Le recul des cordons littoraux a été le plus rapide vers la fin des années 60, lorsque des déplacements de 8 à 12 m/année ont été enregistrés.

de comprendre les aspects détaillés du transport et de l'érosion sédimentaires et de développer des modèles conceptuels d'évolution à moyen et à long terme des littoraux et des plates-formes adjacentes. Le long des côtes à pergélisol du nord du Canada, l'érosion thermique et l'entraînement des glaces de fond et celui des glaces par les ancrs, processus qui ne jouent pas sous des latitudes plus tempérées, ont été identifiés comme des composantes essentielles de l'érosion côtière. Une importance prioritaire est accordée au développement de modèles numériques du recul littoral (figure 1). Sur le littoral atlantique, la compréhension de la stabilité des cordons littoraux et du transport sédimentaire des plages à gravier et à sable mélangés dans des conditions de tempête de haute énergie et de remontée rapide du niveau de la mer constitue un objectif de recherche prioritaire. Des travaux récents ont démontré que le comportement des plages côtières est largement tributaire de la disponibilité et du transport de sédiments dans la zone littorale. De nouvelles techniques acoustiques numériques sont actuellement appliquées à la cartographie littorale pour l'élaboration de bilans sédimentaires quantitatifs et de fonctions de transfert. L'expertise en géoscience marine côtière acquise le long du littoral canadien a des

prolongements pour les problèmes de développement côtier dans le monde entier. Une application récente concerne la stabilité littorale dans les communautés insulaires en voie de développement du Pacifique sud, en coopération avec la South Pacific Applied Geoscience Commission (SOPAC).

### Stabilité du fond marin et transport des sédiments

Nos connaissances en constante évolution de l'environnement marin nous ont permis de comprendre que le transport de sédiments sous l'action des vagues, des marées et des courants a lieu jusqu'à des profondeurs d'eau considérables. Les principaux objectifs de ce projet consistent à comprendre les processus de transport sur le fond marin et les schémas régionaux de transport sédimentaire. Notre Sous-division du soutien des programmes a mis au point une série d'outils pour observer les processus à la couche limite. L'observation in situ se fait grâce à des instruments qui sont à la pointe du progrès, par exemple des trépieds de fond marin capables de mesurer la mise en mouvement des particules, le flux de matières en suspension et l'influence de facteurs générateurs agissants tels que les vagues induites par les marées et les courants. Un exemple récent de ce type de travail est le

déploiement de modules d'instrumentation en période d'activité de vagues et de tempêtes de haute énergie aux sites de production de Lasmo Panuke-Cohasset sur la plate-forme Néo-Écossaise. De spectaculaires images vidéo d'épisodes de transport de haute énergie ont été enregistrées au cours de périodes d'observation de 30 jours. Entre autres projets d'étude du transport de sédiments on compte des études détaillées de systèmes de baie et d'estuaire où l'observation des conditions naturelles est améliorée par la mise en mouvement expérimentale artificielle de sédiments au moyen d'une plate-forme de fond marin du CGA - le Carrousel de mer (figure 2). Les applications particulières de cette technique et les connaissances ainsi acquises sur la stabilité du fond marin sont ensuite mises en valeur pour l'étude du comportement des sites de décharge des déblais de dragage dans le Canada atlantique. On utilise les données provenant de mesures locales pour élaborer et étalonner des modèles numériques corrélant les répartitions régionales des textures sédimentaires avec les effets à long terme de divers facteurs générateurs tels que courants et vagues. On a en outre élaboré des modèles de transport sédimentaire à grande échelle pour les régions de la plate-forme Néo-Écossaise et des Grands Bancs et pour des applications

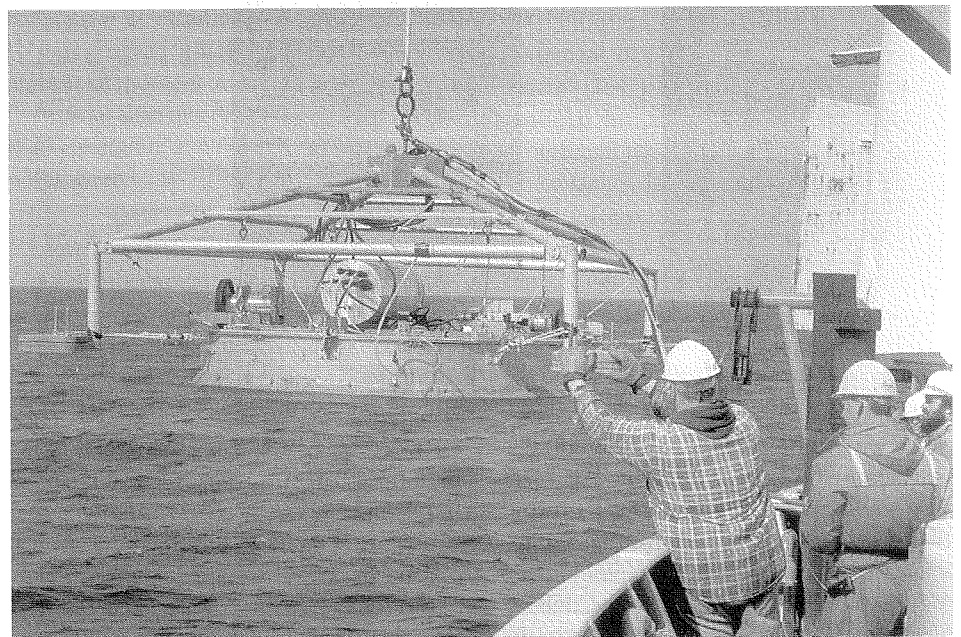


Figure 2 : Le Carrousel de mer, plate-forme développée in situ par le CGA, en voie d'immersion à partir du CSS Hudson dans la baie d'Hudson. Cette plate-forme annulaire, munie d'un détecteur de rétrodiffusion optique et d'un enregistreur vidéo, est utilisée pour simuler les écoulements à proximité du fond et la mise en mouvement de sédiments.

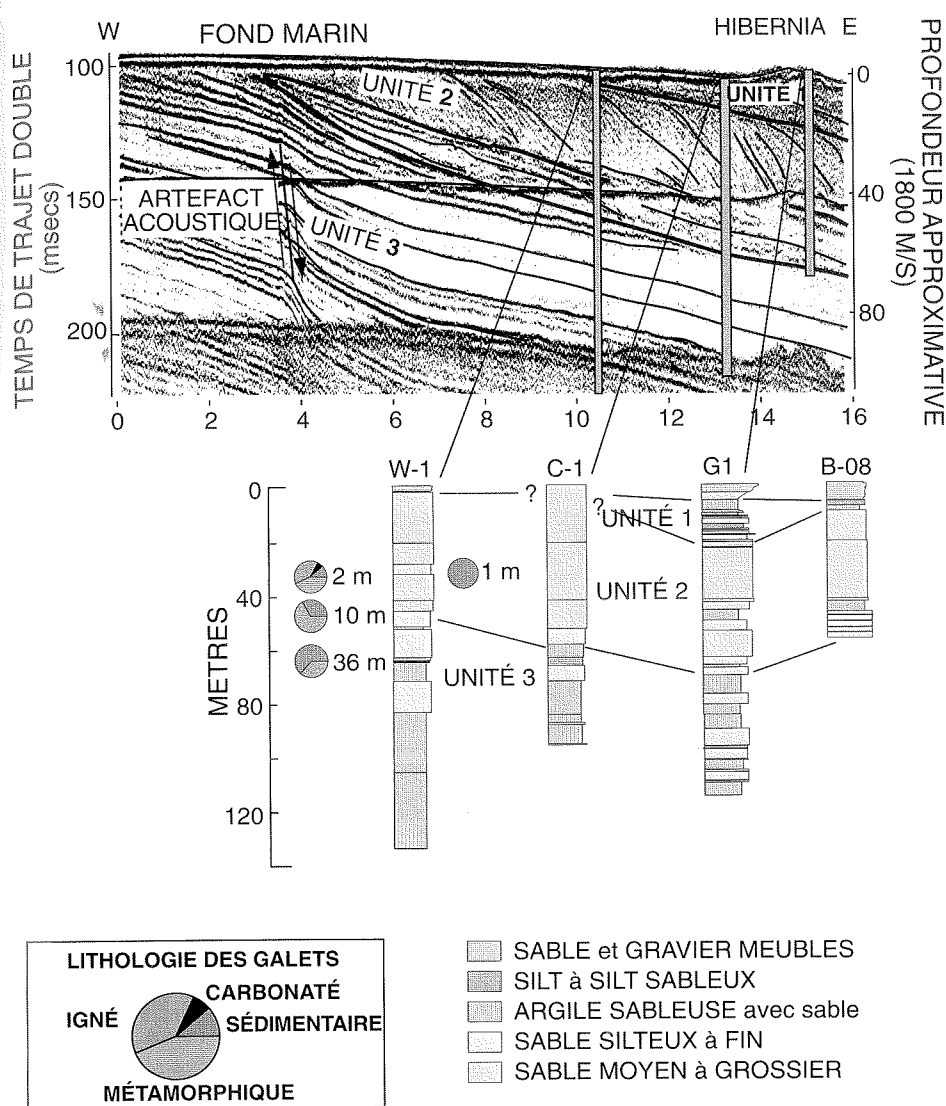


Figure 3 : Les propriétés mécaniques des sédiments du fond marin et de subsurface varient aux échelles régionale et locale dans les Grands Bancs. Les variations à grande échelle sont associées à des changements dans la répartition et l'épaisseur des principales unités stratigraphiques, dont chacune possède des propriétés physiques et sédimentaires distinctes. Les variations locales sont associées à des changements sédimentaires et structuraux à petite échelle au sein des principales unités stratigraphiques. Ces deux échelles de variabilité sont illustrées dans ce profil de sismique-réflexion au canon à air du bassin de Jeanne d'Arc. Trois des quatre unités sismostratigraphiques de subsurface ont été identifiées; les sables et graviers superficiels très minces et remaniés du fond marin ne peuvent être distingués à cette échelle. L'Unité 1 consiste en silts sableux et en argile silteuse interstratifiés se manifestant par des réflexions acoustiques minces et discontinues. L'Unité 2 comprend la séquence prograde, unité où dominent des sables et caractérisée par des réflexions acoustiques clinomorphes internes. L'Unité 3 consiste en argiles, en argiles silteuses et en sables rigides interstratifiés et se caractérise par des réflexions parallèles subhorizontales. Des surfaces de discordance acoustique (traits épais) séparent les unités. La faille située à 4 km est interprétée comme étant l'expression de subsurface de la faille de Murree. Les diagrapies de trous de sondage indiquent que les sédiments et les propriétés physiques des trois unités principales varient sensiblement. Les diagrapies révèlent également l'existence de variations considérables quant à la structure interne et à la nature des sédiments des principales unités. La lithologie des galets fournit des indications sur la source de certains des sédiments; la présence de galets exotiques provenant de la terre ferme permet de supposer que les glaces de l'époque glaciaire ont constitué l'agent de transport et de dépôt de l'Unité 2.

locales relativement à la stabilité littorale et à l'évolution des littoraux dans la région des îles de la Reine-Charlotte sur la côte du Pacifique.

### Géologie de l'ingénierie marine

La géologie de l'ingénierie marine vise à opérer une synthèse entre les études fondamentales et la recherche appliquée pour s'attaquer aux questions scientifiques fondamentales relatives à un développement littoral et marin qui soit sûr, réalisable, sans danger pour l'environnement et pourtant profitable. Les conditions sédimentaires du fond marin imposent des contraintes conceptuelles pour les structures et installations mécaniques, et certains processus du fond marin sont même d'ampleur et d'imprévisibilité suffisantes pour qu'ils soient considérés comme des dangers pour l'ingénierie marine. La détermination des propriétés géotechniques des sédiments et l'évaluation de la magnitude et de la fréquence des processus du fond marin constituent des contributions rentables à la conception technique et à la protection de l'environnement. La géologie de l'ingénieur marine associe de manière générale la cartographie géophysique à haute résolution de la stratigraphie et des structures sédimentaires et celle des signatures des processus du fond marin à un échantillonnage sélectif de sédiments pour l'analyse en laboratoire de la réalité de terrain et des propriétés physiques.

Le Programme de recherche et de développement énergétiques (PRDE) soutient les recherches entreprises en commun en géologie de l'ingénierie marine par l'industrie et le gouvernement pour étudier de manière spécifique la production de pétrole et de gaz, les câbles de transmission électrique sur fond marin et les dangers auxquels sont exposées les centrales de production de l'électricité en zone côtière. À titre d'exemple, le CGA a mené des études dans les régions de la plateforme Néo-Écossaise et des Grands Bancs pour l'exploitation du pétrole et du gaz à Panuke-Cohasset et à Hibernia. On a accordé une attention toute particulière à la corrélation des données sur la stratigraphie et les propriétés sédimentaires tirées de relevés acoustiques régionaux et de celles sur les propriétés sédimentaires fournies par des sondages à des fins tech-

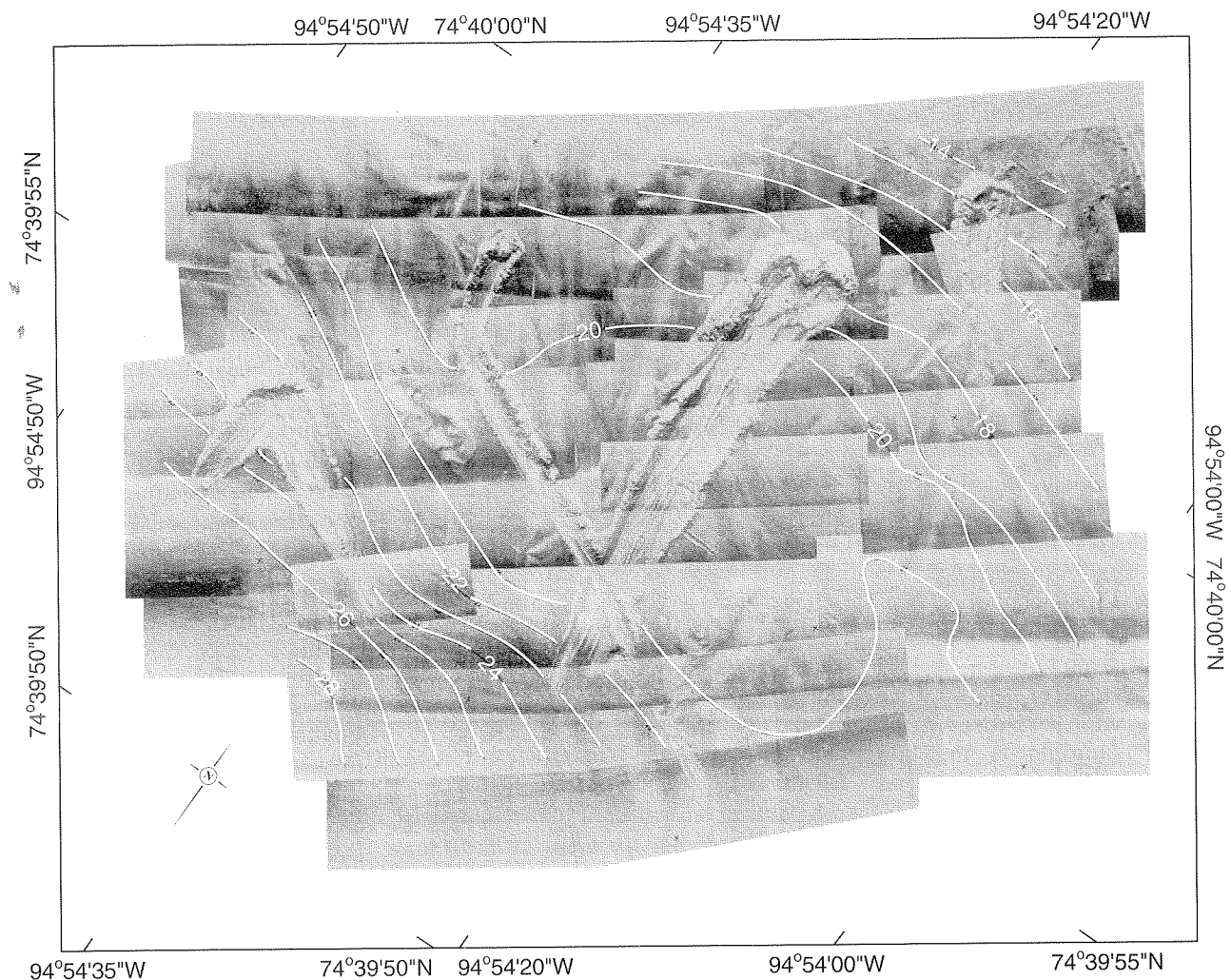


Figure 4 : Image sonar à balayage latéral, ou « photographie » acoustique du fond marin arctique illustrant la morphologie de phénomènes récents d'affouillement dus à la glace. La remise à jour annuelle de la cartographie de ce même secteur de fond marin permettra aux scientifiques du CGA d'observer de nouveaux épisodes d'affouillement et de prévoir la fréquence d'épisodes extrêmes. Ces affouillements d'allure « fraîche » atteignent une profondeur de 2,5 mètres. L'étude de ces processus d'affouillement par les glaces est un projet de recherche mené conjointement avec le Musée canadien de la Nature et la société Canadian Seabed Research Ltd.

riques pour la conception des plates-formes de production et le choix du tracé des oléoducs (figure 3). Sont l'objet d'une attention toute particulière la répartition des sédiments surcompactés par l'action de l'érosion, la présence de systèmes de chenaux fossiles enfouis aux propriétés sédimentaires extrêmement variables et les sédiments sous-compactés associés à la présence de gaz de subsurface. Les études des processus d'intérêt pour le génie pétrolier et gazier en fond marin comprennent notamment l'évaluation des dangers que comportent l'affouillement par les quilles d'icebergs, la formation de failles et les glissements sous-marins. Le développement des ressources pétrolières dans l'Arctique présente un ensemble unique de défis pour l'ingénierie. Le niveau d'expertise en géotechnique est maintenu

pour que l'on puisse conseiller industries et gouvernements sur les effets du pergélisol sous-marin, du gaz naturel et de l'affouillement par les glaces marines (figure 4), de même que sur les propriétés mécaniques des sédiments mous du fond marin pouvant se répercuter sur les fondations. La répartition régionale de ces facteurs de contrainte a été établie pour de vastes superficies de la plate-forme de la mer de Beaufort et du delta du McKenzie.

La géologie de l'ingénierie marine permet également de déterminer la nature des dangers menaçant les câbles posés sur le fond marin dans le delta du Fraser, où le maintien des capacités de transmission vers l'île de Vancouver dépend de la connaissance de la répartition et de la fréquence des glissements sous-marins. Des

recherches menées conjointement par B.C. Hydro et le Centre géoscientifique du Pacifique, subventionnées par le PRDE, ont permis de dresser de nouvelles cartes du fond marin montrant les glissements présentement actifs dans la région de Sand Heads et l'emplacement d'anciens glissements peut-être devenus inactifs le long des flancs sud du delta. Ces cartes sont utilisées pour évaluer la stabilité des tracés des câbles et les pratiques d'ingénierie. Les travaux du CGA sur ces problèmes consistent spécifiquement à définir les processus et mécanismes de rupture dans les zones à faible risque de glissement sous-marin.

On a récemment mis sur pied au lac Ontario un projet pour étudier les causes et les effets de la déformation récente de sédiments mous sur le fond du lac. Pour

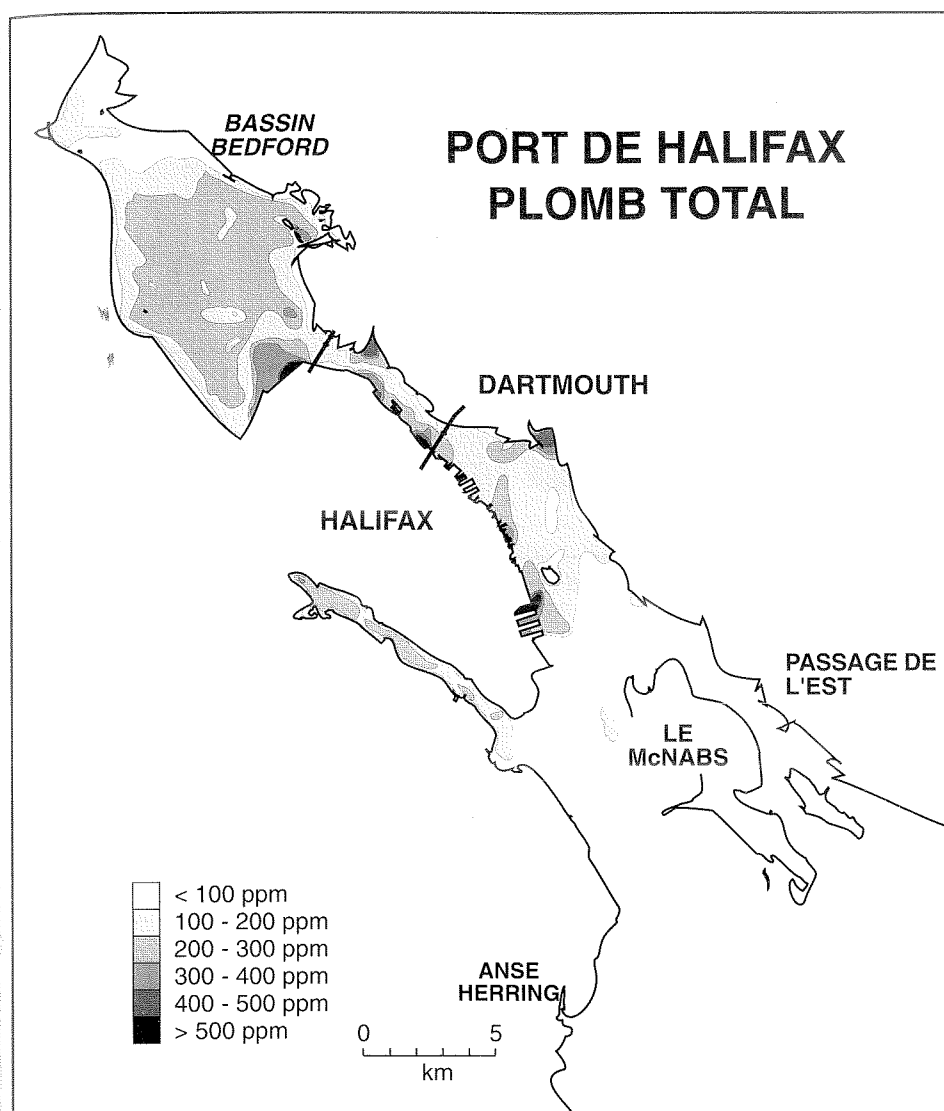


Figure 5 : Concentration totale de plomb métallique dans les sédiments superficiels du port de Halifax. Les concentrations les plus élevées se trouvent à proximité des principaux débouchés d'égouts, des chantiers navals militaires et industriels et de Seaview Point, où était situé l'ancien dépotier de la ville de Halifax.

expliquer l'existence de certains traits morphologiques récemment découverts sur le fond lacustre on a émis l'hypothèse qu'il s'agit de vestiges conservés de déformations structurelles régionales du substratum rocheux; cela comporte des implications pour l'infrastructure industrielle littorale et lacustre, notamment pour les centrales électriques et la pose future de câbles. Le CGA étudie en outre des hypothèses de rechange pour expliquer les instabilités du fond lacustre, par exemple la déformation due à la compaction contemporaine du dépôt, conséquence possible de l'expulsion des fluides. Ce projet combine la cartographie à haute résolution, soutenue par des observations directes à partir de submersibles habités,

l'échantillonnage de sédiments, l'analyse géotechnique et la modélisation des déformations.

Une composante essentielle des travaux en géologie de l'ingénierie marine menés par le CGA est la capacité d'effectuer des mesures géotechniques sophistiquées sur des types de sédiments très diversifiés, notamment les argiles très compactées, les mélanges très mous de sédiments et de fluides riches en gaz et les sables susceptibles de liquéfaction. La Sous-division de la géologie marine environnementale est doté d'appareils de traitement très avancés des sédiments et des carottes de forage permettant de réaliser entre autres des tests de contrainte statiques

et cycliques. Un large éventail de paramètres géotechniques peuvent être corrélés avec des descriptions détaillées de carottes de forage et des données diagraphiques multicapteurs, notamment sur la susceptibilité magnétique. Un point saillant des travaux de géologie de l'ingénieur du CGA est la capacité de corréliser des propriétés mesurées au laboratoire avec les résultats de relevés de profils acoustiques à haute résolution. Les laboratoires et les installations de traitement des carottes de forage du CGA sont en mesure d'entreprendre des travaux de recherche en collaboration avec l'industrie, l'ensemble des consultants et les universités.

### Géochimie environnementale marine

Le développement soutenu des régions littorales canadiennes nécessite la compréhension de l'impact de l'humanité sur les systèmes environnementaux naturels. Les développements passés ont entraîné la pollution chimique des ports et des estuaires, surtout dans les régions à forte concentration industrielle et urbaine. Les sédiments littoraux et marins renferment un enregistrement de la dégradation environnementale; ils emmagasinent les contaminants, les transportent et les recyclent de manière à ce qu'ils circulent dans l'eau et soient dispersés par les courants dus aux marées. Le nettoyage des systèmes contaminés et la réduction des effets des nouveaux développements littoraux proposés nécessitent des informations détaillées sur la nature et le comportement des systèmes sédimentaires et de leurs composantes géochimiques organiques et inorganiques.

La recherche géochimique marine s'articule autour de deux axes principaux : l'étude des processus et l'évaluation de la qualité de l'environnement. Les études sur les processus sont menées dans le but de comprendre comment les éléments chimiques sont recyclés dans l'environnement marin afin d'élaborer des modèles pour prévoir le devenir des contaminants chimiques. De tels modèles ont été appliqués à des environnements spécifiques, par exemple le port de Halifax, pour fournir un cadre conceptuel permettant l'évaluation de la qualité de

l'environnement et la planification des opérations de nettoyage et l'élimination future des déchets. Le projet de géologie environnementale marine, mis en oeuvre dans le port de Halifax, a valeur exemplaire au Canada dans le domaine de la géochimie environnementale marine; en effet, il documente l'accumulation progressive d'éléments inorganiques dans les couches sédimentaires depuis une période antérieure à la colonisation européenne (figure 5). À partir de résultats d'analyses à haute résolution, la répartition d'éléments potentiellement toxiques peut être attribuée à diverses périodes d'urbanisation et d'industrialisation dans la région de Halifax/Dartmouth. Ces données, combinées avec la connaissance des voies de transport des sédiments et des masses d'eau dans le port, constituent la base des recommandations fournies au Comité interministériel d'évaluation de l'environnement qui a examiné les propositions soumises par la Halifax Harbour Cleanup Corporation.

Des études pluridisciplinaires semblables ont été réalisées pour d'autres régions littorales telles que l'estuaire de la Miramichi. Les scientifiques du CGA ont été des meneurs dans l'emploi de systèmes intégrés, en combinant la cartographie des fonds marins à haute résolution, l'élaboration de profils géométriques à haute résolution des sédiments de subsurface, des analyses détaillées des sédiments extraits de carottages et la modélisation statistique du comportement des systèmes.

Des recherches sont menées non seulement pour appliquer la géochimie marine à des problèmes de développement spécifiques, mais également pour étudier les processus géochimiques fondamentaux associés aux sédiments marins. Ainsi, les sédiments océaniques constituent un important réservoir de carbone, et représentent donc une composante importante du cycle global du carbone. Des questions fondamentales en modélisation climatique restent sans réponse s'agissant des facteurs régissant l'emmagasinage et le dégagement du carbone et des gaz riches en carbone des sédiments du fond marin. Une énigme fascinante entoure l'origine de trous dans le fond marin, lesquels sont engendrés par la fuite de méthane biogénique ou de gaz pétrogénétiques d'origine profonde par

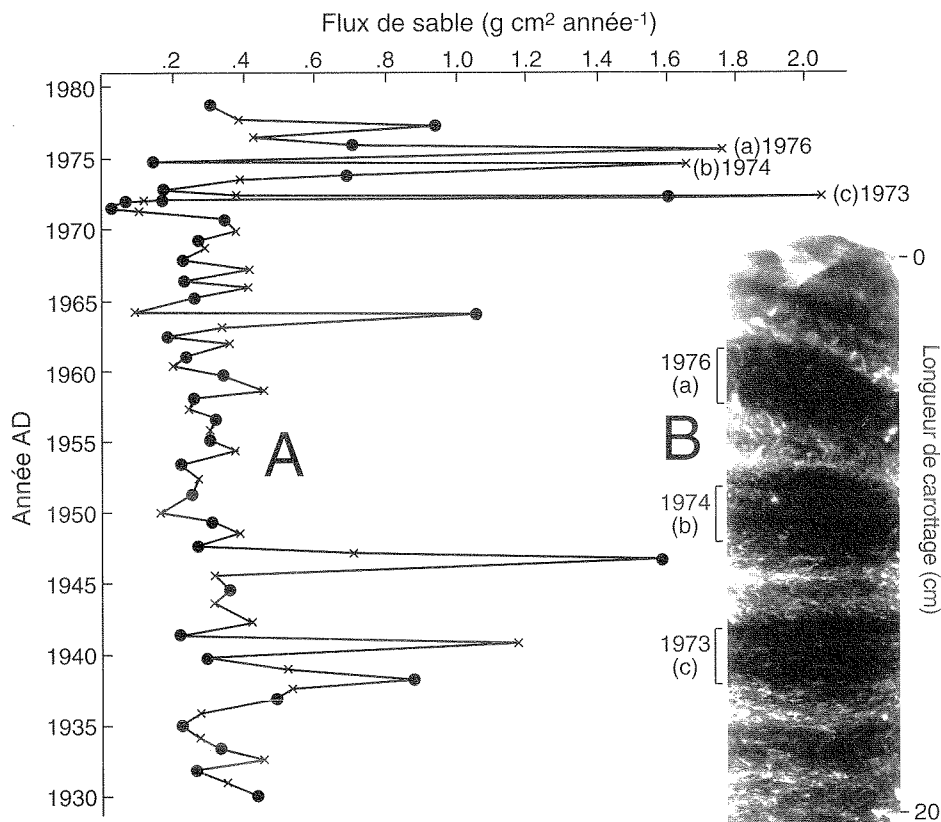


Figure 6 : A. L'enregistrement d'un carottage en terrain sédimentaire révèle que le flux de particules de sable déversées dans le bassin du fjord du Saguenay s'accroît au cours des épisodes de débit fluvial printanier relativement élevé.

B. Les sédiments s'accumulant vers l'embouchure du fjord conservent la trace du dépôt accru de sable (couches pâles) pendant l'inondation printanière annuelle.

l'action de processus allant d'explosifs à diffusifs. La composition chimique des sédiments au sein de ces trous est un indice clé pour élucider le mécanisme et la fréquence de formation de ces trous.

### Paléoenvironnements quaternaires

Les séquences sédimentaires littorales et marines renferment l'enregistrement des événements qui ont marqué l'environnement dans le passé, en particulier du dernier aux deux derniers millions d'années. Les techniques de relevés acoustiques à haute résolution sont capables de discerner les changements environnementaux les plus récents, alors que les profils plus profonds à résolution moyenne peuvent distinguer les cycles glaciaires et interglaciaires. Une initiative importante en géologie environnementale marine est la cartographie des sédiments quaternaires autour des marges continentales du Canada et la reconstruction de l'histoire environnementale

consignée dans ces sédiments. On estime que les eaux de fonte qui drainaient l'Arctique via le détroit d'Hudson ont joué un rôle capital dans la modification du climat de l'hémisphère Nord. Des carottages prélevés au détroit d'Hudson et dans la mer du Labrador renferment des témoignages paléo-environnementaux pouvant servir à élucider la nature des facteurs générateurs à grande échelle et les rétroactions et modifications dans la circulation océanique au cours des cycles glaciaires/interglaciaires, surtout quant à leur influence sur l'hémisphère Nord.

Les environnements à taux élevé de sédimentation renferment souvent un enregistrement indirect très détaillé des changements climatiques des quelques derniers milliers d'années. Ainsi, dans le fjord du Saguenay et le port de Halifax, on peut établir des corrélations entre les conditions climatiques dans le bassin d'alimentation et la nature des sédiments déposés dans ces bassins (figure 6). De telles données nous permettent de mieux

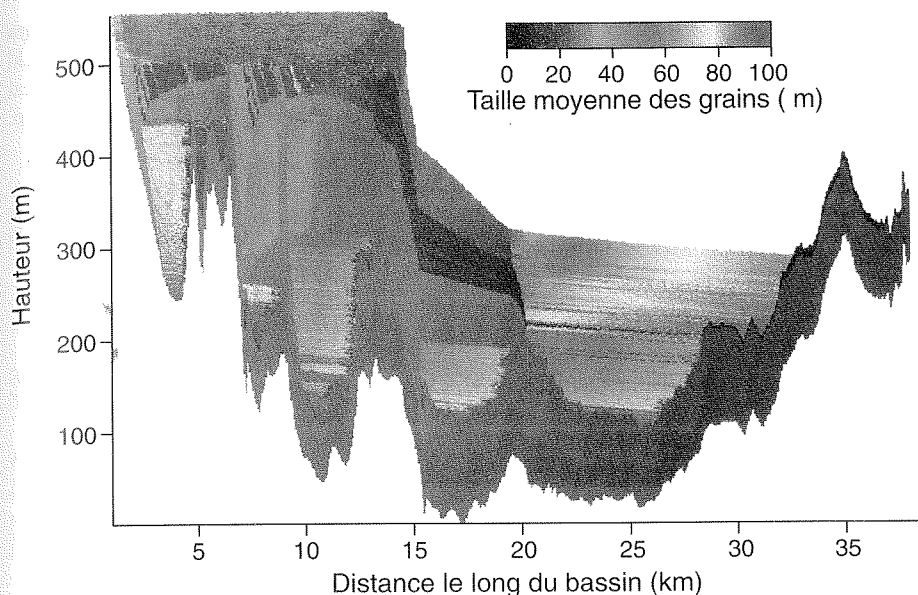


Figure 7 : Prédiction numérique de la taille moyenne des grains réalisées par simulation de remplissage de bassin. 5 000 ans de dépôt dans le fjord d'Itribilung sont illustrés. Les impulsions sédimentaires sont variées pendant que le système subit une chute exponentielle de 30 m du niveau marin, suivie d'une remontée linéaire du niveau marin et suivie enfin d'une chute exponentielle de 20 m. À noter particulièrement : des couches frontales inclinées à grains grossiers, des sous-bassins à turbidites et à dépôts semi-pélagiques interstratifiés, la granodécroissance vers la mer et la formation de bassins remplis par remontée du niveau marin. Ces prédictions sont fondées sur l'apport saisonnier de matériaux en suspension et de charge de fond, compte tenu de l'hydrologie fluviale et de l'océanographie du bassin. Les données verticales sont moyennées sur des intervalles de 1 m pour égaler approximativement la résolution des relevés de sismique-réflexion au canon à air.

comprendre les changements climatiques subis et de mieux dissocier les apports sédimentaires naturels et d'origine anthropique. De puissants ordinateurs ont en outre permis l'élaboration de modèles mathématiques permettant de simuler les conditions climatiques, hydrologique et d'alimentation au cours de périodes à climat tantôt froid, tantôt chaud. Des débits fluviaux et sédimentaires simulés servent ensuite de données d'entrée pour la mise au point de modèles de remplissage de bassin que l'on peut comparer à l'évolution de systèmes naturels enregistrée dans les relevés sismiques et conservée dans les échantillons de carottage (figure 7).

## L'avenir

Le programme de recherche en géologie environnementale marine intègre de manière efficace des composantes de recherche pure et appliquée. Des données, des technologies et une expertise acquises grâce à la coopération avec des clients et des organismes de l'extérieur pour résoudre des problèmes pratiques contribuent à faire progresser les sciences de la Terre. Les recherches environnementales visent

principalement à comprendre les processus et les contraintes naturels affectant le développement et à évaluer les impacts d'un projet de développement spécifique. Les problèmes de l'environnement marin sont certes complexes, mais les géosciences apportent le soutien conceptuel nécessaire pour les résoudre.

La prise de conscience et l'inquiétude du public pour les questions relatives à l'environnement marin continuent à croître. La Sous-division de géologie marine environnementale gère un programme de recherches bien équilibré et ciblé capable d'affronter les défis qui se poseront à l'environnement marin et à la société canadienne jusqu'au 21<sup>e</sup> siècle. L'impact des développements énergétiques océaniques sur l'environnement, les interactions entre pêcheries et habitats des fonds marins, et enfin la gestion des zones littorales, tout particulièrement l'étude du flux de sédiments et de toxines de la terre vers la mer, voilà seulement trois des questions d'importance nationale dont on continuera à chercher les réponses. La

Sous-division de géologie marine environnementale poursuivra ses efforts afin de développer de nouvelles technologies environnementales pour affronter ces défis, de trouver des solutions créatrices aux problèmes environnementaux et de transférer ces technologies au secteur privé.

## Références

- AMOS, C.L. and J.T. JUDGE. 1991. Sediment dynamics of eastern Canadian Continental Shelf. *Continental Shelf Research*.
- AMOS, C.L., J. GRANT, G.R. DABORN and K. BLACK. 1992. Sea Carousel - a benthic, annular flume. *Estuarine, Coast and Shelf Sciences*, 34: 557-577.
- BUCKLEY, D.E. and G.V. WINTERS. 1992. Geochemical characteristics of contaminated surficial sediments in Halifax Harbour: impact of waste discharge. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 29, p. 2617-2639.
- CHRISTIAN, H.A., T. MULDER, R.C. COURTNEY, D.C. MOSHER, J.V. BARRIE, R.G. CURRIE, H.W. OLYNK and P.A. MONAHAN. Slope instability on the Fraser River delta foreslope, Vancouver, British Columbia. In: 47th Canadian Geotechnical Conference, Halifax, September 21-23, 1994.
- CRANSTON, R.E. and D.E. BUCKLEY. 1990. Redox reactions and carbonate preservation in deep-sea sediments. *Marine Geology*, v. 94, p. 1-8.
- FORBES, D.L. and R.B. TAYLOR. 1994. Ice in the shore zone and the geomorphology of cold coasts; *Progress in Physical Geography*, v. 18 (1), p. 59-89.
- MORAN, K. Offshore site investigations on Canadian continental margins. In: 4th Canadian Conference on Marine Geotechnical Engineering, St. John's, Newfoundland, June 1993, v. 3, p. 977. Edited by Jack Clark, Lorne Boone, Michael Paulin, Richard McHenna and Keith Witney.
- ROGERS, B.T., S.M. BLASCO and M.G. JEFFERIES. Pressuremeter testing in Beaufort Shelf surficial sediments. In: 4th Canadian Conference on Marine Geotechnical Engineering, St. John's, Newfoundland, June 1993, v. 1, p. 209. Edited by Jack Clark, Lorne Boone, Michael Paulin, Richard McHenna and Keith Witney.
- SCHAFER, C.T., J.N. SMITH and R. COTE. 1990. The Saguenay Fjord: A major tributary to the St. Lawrence Estuary in *Oceanography of a Large-Scale Estuary: The St. Lawrence* (Elsabh and Silverberg, eds.), Springer Verlag, New York, p. 421-428.

SHAW, J. and D.L. FORBES. 1992. Barriers, barrier platforms, and spillover deposits in St. George's Bay, Newfoundland: paraglacial sedimentation on the flanks of a deep coastal basin; *Marine Geology*, v.105, 119-140.

SHAW, J., R.B. TAYLOR and D.L. Forbes. 1993. Impact of the Holocene transgression on the Atlantic coastline of Nova Scotia; *Géographie physique et Quaternaire*, v.47, (2), 221-238.

SMITH, J.N. and C.T. SCHAFER. 1987. A 20th Century record of seasonally-modulated sediment accumulation rates in a Canadian fjord based on Pb-210 measurements. *Quaternary Research*, v. 27, p. 232-247.

SOLOMON, S.M. and D.L. FORBES. 1993. Coastal circulation and sedimentation in an embayed thermokarst setting, Richards Island Region, Beaufort Sea. In Proceedings of the 1993 Canadian Coastal Conference, May 4-7, 1993, Vancouver, B.C., v. 2, 699-714.

SOLOMON, S.M., D.L. FORBES and B. KEIRSTEAD. 1993. Coastal impacts of climate change: Beaufort Sea erosion study; Geological Survey of Canada Open File Report 3558, 34 p., 30 figs. and 2 appendices.

SYVITSKI, J.P.M. and J.M. ALCOTT. 1993. GRAIN2: Predictions of particle size seaward of river mouths. *Computers & Geoscience* 19(3): 399-446.

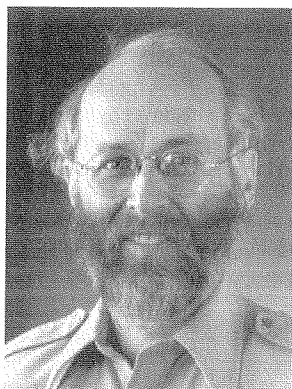
SYVITSKI, J.P.M. and J.M. ALCOTT. 1993. DELTA6: Numerical simulation of basin sedimentation affected by slope failure and debris flow runout. In: Proceedings of the Pierre Beghin International Workshop on Rapid Gravitational Mass Movements, Grenoble, France, Dec. 6-10, 1993, 180-195.

TAYLOR, R.B. and D. FROBEL. 1993. Aerial video surveys, The coastline of Nova Scotia, Part 1 Bay of Fundy and Gulf of Maine (New Brunswick border to Yarmouth); Geological Survey of Canada Open File Report 2705; 20 p. + 4 tapes.

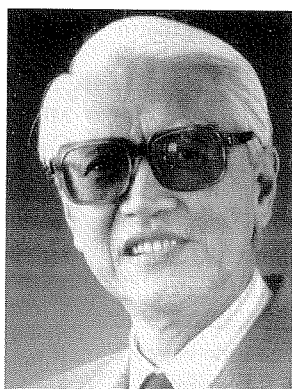
TAYLOR, R.B. Recent morphological changes and future management of Crescent Beach, Lunenburg County, Nova Scotia, Geological Survey of Canada Open File Report 2675, 20 p.

## L'impact du couplage atmosphère-océan sur la génération des vagues

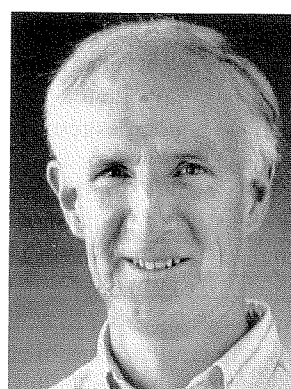
W. Perrie, L. Wang, F. Dobson et B. Toulany



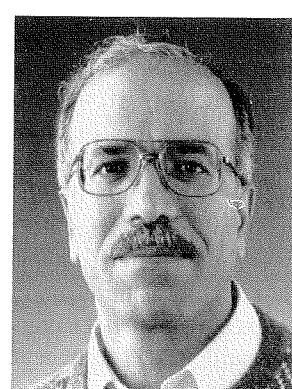
W. Perrie



L. Wang



F. Dobson



B. Toulany

Ces dernières années ont vu la formation de champs de vagues « épisodiques » extraordinaires quant à leur étendue et leur intensité. Il s'agit de mésochamps de vagues. Ils s'étendent non pas sur des milliers, mais des centaines de kilomètres carrés et durent des dizaines d'heures. Ils ont toutefois été phénoménaux quant à leur

intensité. La « tempête de l'Halloween » du 31 octobre 1991 a engendré des vagues dont la hauteur estimée par des bouées installées sur la plate-forme Néo-Écossaise atteint la valeur impressionnante de 17,3 m, ce qui laisse supposer que la vague maximale atteignait quelque 30 m (les marins, pour leur part,

estiment la hauteur moyenne du tiers supérieur des vagues). Si cela se produisait à Hibernia lorsque la plate-forme pétrolière marine est installée, les opérations seraient sérieusement perturbées et il faudrait peut-être passer en régime d'urgence, ce qui nécessiterait l'évacuation de tout le personnel non essentiel. Les dangers que

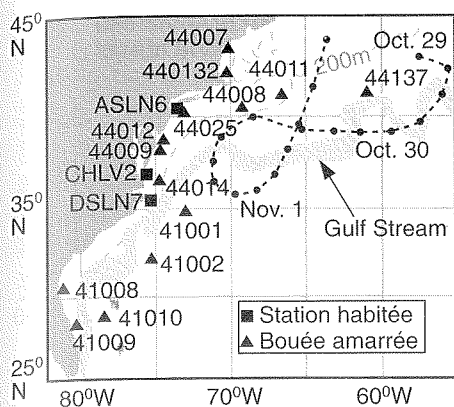


Figure 1 : Parcours de la tempête de l'Halloween d'octobre 1991, bouées permanentes de la côte est et le Gulf Stream.

cela représente pour les navires est évident, qu'il s'agisse des vaisseaux d'approvisionnement et de transport à Hibernia et à Cohasset-Panuke ou des navires de pêche. La figure 1 illustre le tracé de la tempête de l'Halloween. Sa trajectoire en boucle est remarquable par son niveau de complexité. La figure 2 montre les séries temporelles, au cours de la tempête, des vents, des vagues et des périodes des vagues à la bouée 44137. La tempête de l'Halloween n'est d'ailleurs pas un cas isolé. La récente

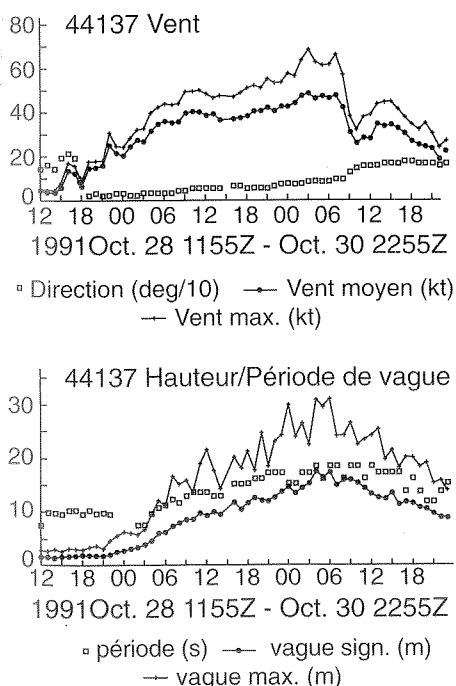


Figure 2 : Mesures sur le vent et les vagues effectuées par la bouée 44137. Les vitesses et directions moyennes et maximales des vents sont indiquées. La vague maximale a une hauteur d'environ 1,7 \* Hs.

« tempête du siècle » des 12-16 mars 1993 a également engendré des vagues significatives de presque 17 m de hauteur (Hs), telles que mesurées par des bouées.

Si l'on se fie aux valeurs extrêmes admises actuellement de hauteur de génération de vagues sur la plate-forme Néo-Écossaise (voir la figure 3), la vague significative pour 100 ans, qui est la vague la plus haute que l'on puisse s'attendre à voir en 100 ans, a quelque 12 m de hauteur. La hauteur de vague significative de 17,3 m de la tempête de l'Halloween est donc équivalente à celle d'une vague de 1 000 ans. La figure 4 illustre la distribution

être cette période de retour est-elle inférieure à 100 ans. Plus important encore, peut-être est-elle déterminée par la variabilité des facteurs générateurs atmosphériques et ne peut-elle pas être considérée uniquement comme un processus stochastique. Si tel était le cas, des distributions comme celles de Gumbel ou de Borgman seraient trompeuses.

Il est manifestement nécessaire de comprendre et de modéliser les mésochamps de vagues (extrêmes), dans le sens d'être capable de les prédire. En fait, on cherche encore à comprendre l'occurrence dans l'espace et dans le temps

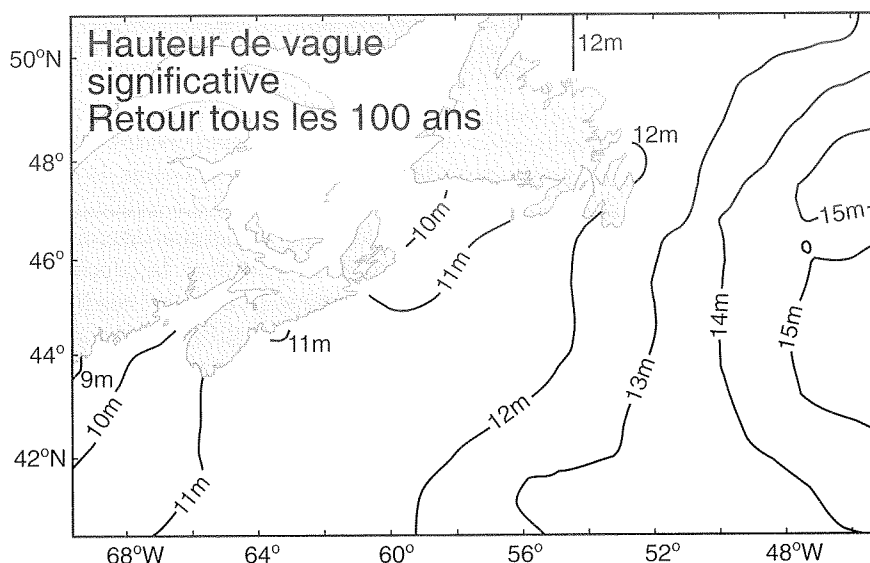


Figure 3 : Isolignes des hauteurs des vagues significatives pour 100 ans dans l'Atlantique du Nord-ouest au large du Canada oriental. Ces isovaleurs ont été obtenues par le Centre climatologique canadien; on s'est fondé sur les 68 tempêtes les plus violentes enregistrées pendant les années 1959-88. Les champs de vents pour ces tempêtes ont été estimés et les hauteurs de vague calculées par rétrodiction au moyen du modèle de vague utilisé actuellement par le Service de l'environnement atmosphérique (SEA).

de Gumbel versus celle de Borgman pour un point représentatif, de coordonnées 46,88 N et 48,75 W, sur les Grands Bancs. Les différences entre les deux distributions sont minimales. L'occurrence d'une vague de 17 m, par exemple pour la période de retour de 100 ans, pourrait modifier l'ajustement de chaque distribution et pourrait engendrer d'importantes différences dans les estimations pour les hauteurs des vagues significatives à des intervalles de 10 et 50 ans. Ce qui pose problème, c'est que la période de retour pour des vagues significatives de 17 mètres de hauteur est mal connue, tant pour la plate-forme Néo-Écossaise que pour les Grands Bancs. Peut-

des tempêtes d'échelle moyenne, leur évolution et leur intensité (c'était l'objectif principal des premier et second Programmes canadiens d'étude des tempêtes dans l'Atlantique). Le couplage atmosphère-océan peut être à l'origine de certains des facteurs importants qu'il faudra incorporer à la modélisation des mésochamps de vagues extrêmes. Cela découle de l'extrême sensibilité des estimations sur la hauteur des vagues aux champs de vents générateurs. La prise en compte du couplage atmosphère-océan entraînera également une révision des estimations des champs de vents de surface. Il nous manque en outre des critères pour la



détermination des limites asymptotiques des paramètres des vagues; les limites de « Pierson-Moskowitz », admises actuellement, se sont révélées inadéquates dans la mesure où les deux tempêtes décrites plus haut semblent les avoir dépassées.

### Couplage atmosphère-vagues

Nous avons considéré, dans Perrie et Wang (1994), l'impact du couplage entre la couche limite atmosphérique (les 1 000 mètres inférieurs) et les modèles de vague d'étendue restreinte (moins d'un océan). En météorologie, le vent « géostrophique » est utilisé pour exprimer la relation d'équilibre entre le champ du potentiel gravitationnel (au-dessus de l'océan, le gradient horizontal de la pression de l'air) et le champ du vent sur une surface bidimensionnelle. Le vent « thermique » sert à exprimer la relation d'équilibre entre la variation de vitesse du vent selon l'altitude et le champ de

température moyen dans l'espace tridimensionnel. Or il subsiste une question d'intérêt considérable en dynamique à la fois atmosphérique et océanique qui reste à ce jour sans réponse : il s'agit de la relation d'équilibre entre le profil vertical de vitesse des vents dans la couche limite et l'état de la surface de la mer. Pour répondre à cette question, il est important de comprendre que le paramètre clé de l'interface air-océan dans l'étude de la dynamique océanique et atmosphérique est l'agitation de la surface océanique. Mais l'agitation dont il est question ici n'est pas l'agitation physique de la surface océanique elle-même : il s'agit d'une longueur (ou hauteur) liée à la résistance de la surface océanique, ou à la contrainte due au vent. Elle n'est liée directement qu'aux composantes des vagues de surface qui provoquent cette résistance; on suppose qu'il s'agit des vagues courtes, abruptes et lentes qui assombrissent la surface océanique au cours des rafales de vent. Leurs caractéristiques sont déterminées par le profil du vent dans la couche limite atmosphérique. Le caractère non linéaire de la relation rend difficile d'associer de manière quantitative simple l'agitation de la surface océanique à des paramètres mesurables des vagues. Des approches linéaires théoriques ont été développées par Chalikov et Belevich (1993) et Janssen (1989), mais elles n'ont pas encore été appliquées dans deux dimensions. Donelan (1990) et Smith et al. (1992) ont proposé des relations empiriques entre l'agitation de la surface océanique et des paramètres sur l'état de l'océan tels que l'âge des vagues - le rapport vitesse de la vague/vitesse du vent. Parce que les relations empiriques sont beaucoup plus simples que les analyses plus formelles, par exemple celle de Chalikov et Belevich (1993), elles offrent une première voie d'accès vers la compréhension du couplage atmosphère-vagues.

On s'intéresse actuellement de manière accrue à l'assimilation des données pour les modèles océaniques. En effet, le lancement d'une nouvelle génération de satellites rendra accessible une pléthore de données sur la surface océanique, s'agissant à la fois de l'atmosphère et de l'océan. (L'assimilation des données est la technique consistant à insérer des observations relatives à des endroits et des instants différents

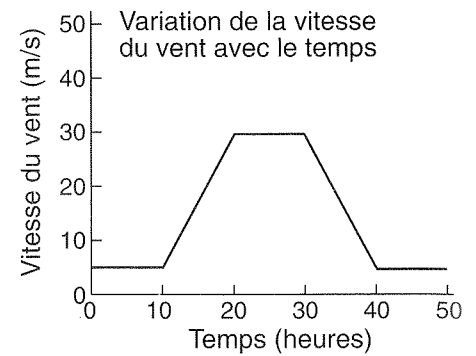


Figure 5a : Variation hypothétique de la vitesse du vent au cours du passage d'un système cyclonique.

dans des modèles dynamiques, par exemple des modèles de prévision météorologique ou des modèles de prévision océanique, en utilisant la théorie physique sur laquelle s'appuient les modèles et la variabilité statistique connue des observations pour ajuster les données aux prédictions du modèle.) Étant donné que les caractéristiques des vents marins détectés à distance sont tirées - à l'aide de modèles empiriques - de la signature électromagnétique des vagues engendrées par le vent sur la surface océanique, il est nécessaire de disposer d'une relation fondée sur les lois de la physique entre les vents sur la surface océanique et les vagues qu'ils engendrent. La relation intéressante dans ce contexte est celle entre la contrainte exercée par le vent - le taux de transfert par unité de surface de quantité de mouvement du vent à l'eau située en dessous de lui, ou, en termes plus familiers, la résistance exercée par l'eau - et l'état de l'océan - le rapport de la vitesse des vagues à la composante du vent dans la direction des vagues. Une telle relation nous permettrait de comprendre, au moyen de relations entre les vagues courtes engendrées directement par le vent et détectées par radar et les vagues à grande longueur d'onde qui dominent la haute mer, comment coupler les modèles de prévision des vagues avec les modèles météorologiques qui prédisent la contrainte exercée par le vent sur la surface océanique. Janssen (1989) et Del Las Heras et Janssen (1992) ont souligné la nécessité que les vents assimilés du modèle atmosphérique soient compatibles avec les vagues assimilées du modèle de prévision des vagues. Toutefois, bien qu'ils aient ajusté

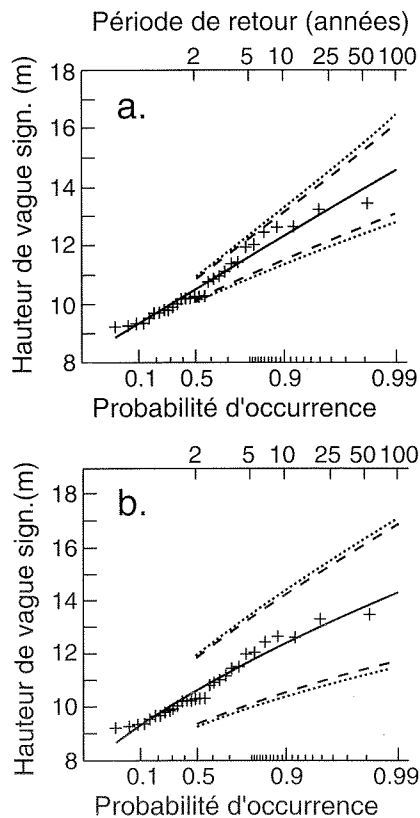


Figure 4 : Analyse extrême des hauteurs maximales de vagues significatives au cours des 30 tempêtes les plus violentes au moyen des distributions (a) de Gumbel et (b) de Borgman, pour les Grands Bancs (46,88 N, 48,75 W). Dans chaque cas la corrélation est de 0,98; les limites de confiance à 90% sont notées par (---) et celles à 95% sont notées par (...).

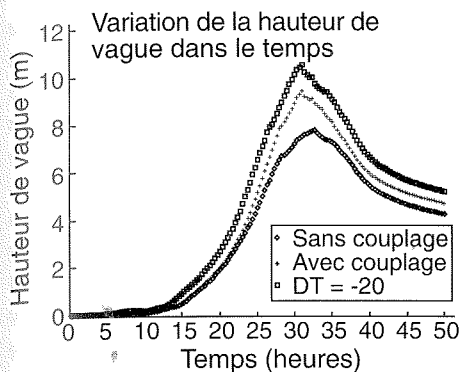


Figure 5b : Séries temporelles correspondantes pour Hs telles que fournies par des modèles « sans couplage », « avec couplage » et « instables avec couplage ». Ce dernier modèle suppose un écart de température air-océan de -20, dénoté DT=-20.

les champs des vents de telle manière que ceux-ci soient compatibles avec les vagues, ils n'ont pas adjoint un modèle de couche limite incorporant les flux en surface océanique de quantité de mouvement (la contrainte exercée par le vent), de chaleur et de vapeur. Un modèle à couplage vents-vagues, incorporant un modèle de couche limite et un modèle de vagues, permet non seulement d'assurer la cohérence

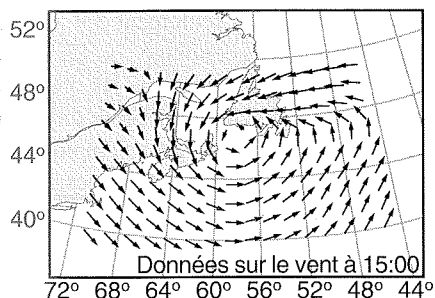


Figure 6 : Champ de vitesse du vent à 0000 Z, le 15 novembre 1991.

dynamique entre les modèles de vents et de vagues, mais également une approche cohérente de l'assimilation de données pour permettre la correction des champs des vents et des vagues.

Au bout du compte, le couplage de la couche limite atmosphérique avec un modèle de vagues doit permettre la dérivation de l'état d'équilibre entre vents et vagues. Ici, « équilibre » suppose l'emploi d'estimations cohérentes de l'agitation de la surface océanique à la fois dans le modèle de couche limite et dans le modèle de vagues. Toutefois, les pratiques actuelles dans les bureaux de prévision

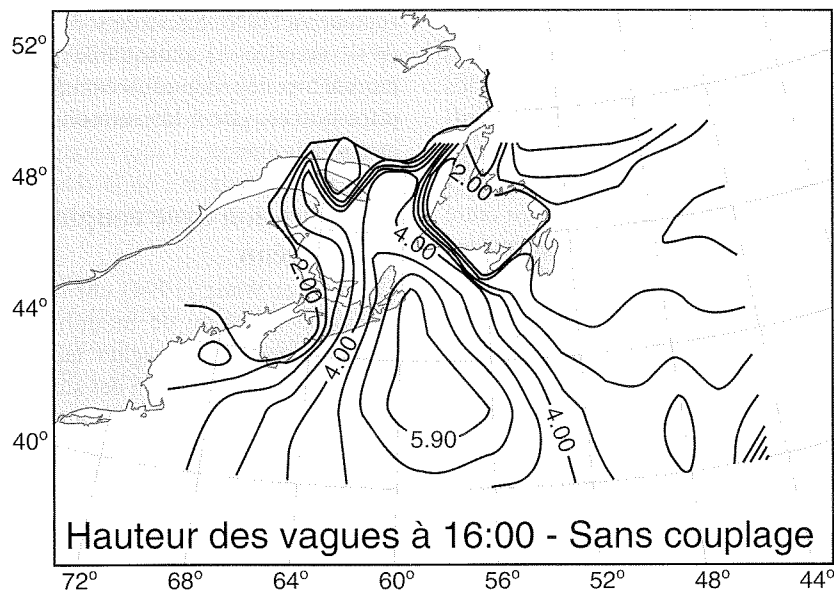


Figure 7a : Contours pour Hs à 0000 Z, le 16 novembre 1991, tels qu'estimés à partir du modèle « sans couplage ».

météorologiques ne permettent pas au modèle de vagues d'être cohérent avec le modèle de la couche limite atmosphérique : un « état d'équilibre » n'est pas atteint. La spécification d'un « état d'équilibre » comporte deux aspects principaux. En premier lieu, étant donné la vitesse du vent à un lieu et un instant spécifiés (coordonnées spatio-temporelles spécifiques), le modèle standard de vagues met implicitement en jeu l'agitation de la surface océanique estimée au moyen de formules empiriques, agitation elle-même tributaire d'estimations

de l'énergie des vagues. Or la vitesse du vent calculée à partir d'un modèle de la couche limite atmosphérique est liée à l'agitation de la surface océanique et aux conditions thermiques appropriées par un formalisme différent. L'agitation de la surface océanique dans le modèle atmosphérique diffère de l'agitation de la surface océanique qui est implicite dans le modèle de vagues. En second lieu, les réactions des états océaniques sur le profil des vents selon l'altitude ne sont pas pris en compte par les modèles de vagues actuels. Celles-ci agissent pourtant sur le

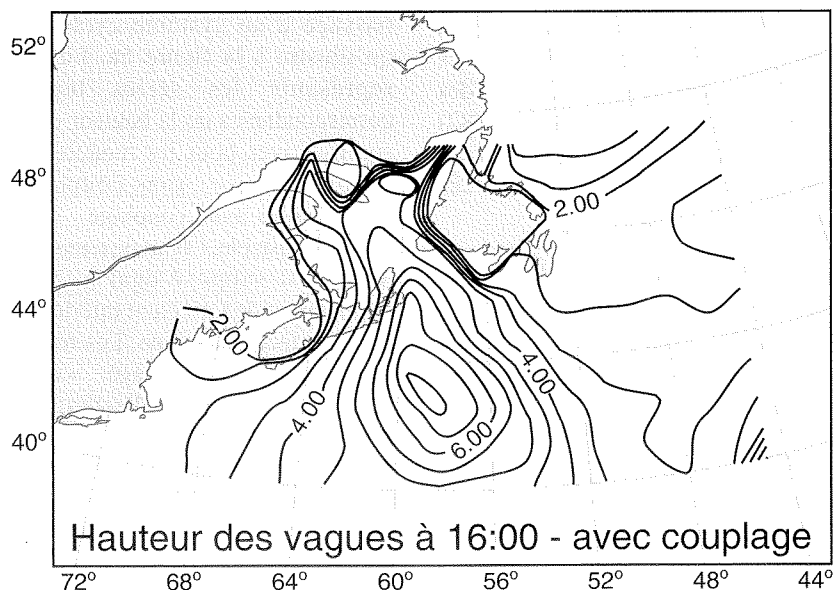


Figure 7b : Contours pour Hs à 0000 Z, le 16 novembre 1991, tels qu'estimés à partir du modèle « avec couplage ».

profil des vents à cause de la force de l'interaction entre le champ des vents et les vagues océaniques engendrées par les vents. Un modèle avec couplage vent-vagues doit non seulement tenir compte de l'interaction entre vents et vagues engendrées par le vent, mais doit en outre utiliser la même agitation de la surface océanique pour la modélisation d'une part des vagues et, d'autre part, de la couche limite atmosphérique.

### Agitation de la surface océanique

Le couplage dynamique entre l'atmosphère et l'océan a été l'objet de nombreux projets de recherche ces dernières années. Bien que les effets de certaines propriétés caractéristiques soient en voie d'élucidation, les processus extrêmement complexes de l'interaction air-océan sont encore mal compris. La relation la mieux connue pour décrire l'agitation de la surface océanique, proposée par Charnock (1955), énonce que l'agitation de la surface océanique ne dépend que de la vitesse de friction : celle-ci est équivalente au produit de la vitesse du vent par un coefficient de friction, lui-même équivalent à la racine carrée du « coefficient de résistance ». L'équation de Charnock ne renferme aucune caractérisation du champ de vagues; elle peut donc être qualifiée de « non couplée ». Il s'ensuit que la relation de Charnock est incapable de représenter adéquatement des processus dynamiques spécifiques tels que de jeunes vagues engendrées par le vent ou la réaction des vagues à des changements de direction des vents (vents tournoyants). Donelan (1982) a clairement démontré l'inadéquation de la relation de Charnock dans tous les cas hormis celui de vagues âgées.

Il ressort d'observations récentes par Smith et al. (1992) tirées de l'expérience HEXOS que l'agitation de la surface océanique dépend, outre de la vitesse de friction, de l'âge des vagues. Pour un état donné du vent, les vagues jeunes sont les plus agitées : à mesure que les vagues évoluent, grandissent et approchent de la maturité, l'agitation associée de la surface océanique diminue. L'état des vagues constitue donc un facteur dans l'estimation de l'agitation de la surface océanique. L'agitation de la surface océanique telle que

fournie par HEXOS peut donc être qualifiée de « couplée », puisqu'elle associe des paramètres des vagues océaniques et des paramètres de la couche limite atmosphérique.

### Modélisation avec couplage vents-océan

Perrie et Wang (1994) ont réalisé une première tentative de modélisation du couplage atmosphère-vagues, laquelle peut fournir des applications à des situations de prévision opérationnelles. Ils ont associé de manière itérative les caractérisations paramétriques de l'agitation décrites plus haut comme « couplée » et « non couplée », le modèle de couche limite opérationnel décrit par Delage (1988) de la Division de recherche en prévision numérique (RPN), du Service de l'environnement atmosphérique, à Dorval, et le modèle de vague WAM de Hasselmann et al. (1988), du European Centre for Medium Range Weather Forecasting (ECMWF), à Reading, Royaume-Uni. L'agitation de la surface océanique qui est incorporée au modèle de couche limite est cohérente avec celle qui est implicite dans le modèle de vagues pour chaque instant et pour chaque point de quadrillage de simulation du modèle.

Pour illustrer une comparaison entre les modèles « avec couplage » et « sans couplage » décrits plus haut, considérons, à un point donné de l'espace, un champ de vent à dépendance temporelle associé au passage d'un système cyclonique, tel qu'illustré à la figure 5a. La figure 5b représente les séries temporelles correspondantes de la hauteur des vagues significatives pour les modèles « avec couplage », « sans couplage » et « instables avec couplage ». Dans la situation instable, l'écart de température air-océan est supposé égal à  $-20^{\circ}\text{C}$ , la température de l'air étant inférieure à celle de la surface océanique. Les résultats des modèles « sans couplage » et « avec couplage » divergent d'environ 25 %. En outre, bien que la vitesse du vent puisse être spécifiée. Ces tests supposent implicitement qu'à mesure qu'évoluent l'agitation et la vitesse de friction et que vieillit l'état de la surface océanique, le profil vertical du vent évolue également dans le temps. Cette constatation ressort clairement du modèle « avec

couplage », aussi est-elle l'objet de recherches plus poussées. Bien entendu, le profil vertical du vent reste inchangé dans le temps dans le modèle sans couplage parce que l'agitation n'y varie pas.

Pour tester ces modélisations au moyen de données de terrain, les modèles « avec couplage » et « sans couplage » ont été mis à l'épreuve dans le nord-ouest de l'Atlantique. Les observations utilisées pour tester les modèles ont été recueillies au cours de l'expérience d'Étalonnage/Validation (CAL/VAL) de Dobson et Vachon (1993), du 8 au 25 novembre 1991. Les données sur le vent ont été fournies par la Division de RPN. Durant l'expérience CAL/VAL, un cyclone s'est développé le 15 novembre dans la région entre la Nouvelle-Écosse et Terre-Neuve. Le champ du vent pour 0000 Z le 15 novembre est illustré à la figure 6. Les estimations correspondantes pour les champs de hauteurs de vagues significatives  $H_s$  pour les modèles « avec couplage » et « sans couplage » sont illustrées pour 0000 Z le 16 novembre dans les figures 7a et 7b respectivement. À noter que la valeur la plus élevée de  $H_s$  prédite par le modèle « avec couplage » est de 7,0 m, comparativement à seulement 5,9 m pour le modèle « sans couplage ». La valeur correspondante maximale de  $H_s$  observée dans la région cyclonique, où la direction et la vitesse du vent changeaient rapidement et où les vagues étaient très jeunes, est de 7,1 m, ce qui concorde bien avec l'estimation du modèle « avec couplage ». Dans d'autres régions, parce que les vagues y sont plus vieilles, les estimations de  $H_s$  avec le modèle « avec couplage » sont presque identiques à celles avec le modèle « sans couplage ».

### Conclusions

La paramétrisation de la maturité de l'interaction vent-vagues au moyen de variables telles que l'âge des vagues en tant que spécification de l'agitation de la surface océanique dans la couche limite, est importante pour la prédiction de la hauteur des vagues significatives et des paramètres de génération des vagues. Mais l'approche standard pour la modélisation des vagues océaniques et de la couche limite atmosphérique s'appuie sur une relation du type Charnock, qui suppose que les vagues sont très âgées. Si la vitesse du vent est

faible, l'écart entre les estimations de  $H_s$  fournies par les modèles « avec couplage » et « sans couplage » est négligeable, parce que les vagues engendrées par le vent vieillissent rapidement. Si, en revanche, la vitesse du vent est forte ( $>20$  m/s), ou si les vagues sont très jeunes, la réaction de l'état de la surface océanique sur la couche limite et sur la dynamique de couplage devient importante. Dans ce cas, la prise en compte de la dynamique de couplage est indispensable pour les prévisions sur l'état des vagues. Cela est encore plus vrai lorsque les conditions sont instables.

Récemment, Weber et al. (1993) rapportent avoir couplé le modèle WAM « standard » de Hasselmann et al. (1988) à un modèle atmosphérique global. Les définitions temporelle et spatiale qu'ils utilisent sont plutôt grossières, ce qui diminue d'autant la fiabilité qu'ils accordent à leurs résultats. Ils suggèrent toutefois que les trajectoires des tempêtes d'échelle moyenne soient déterminées au moyen du couplage modélisé atmosphère-vagues. Nous poursuivons des recherches analogues avec une modélisation plus réaliste de la dynamique des vagues et du couplage atmosphère-vagues. Nous prévoyons réaliser d'ici la fin de l'hiver 1995 un couplage préliminaire du modèle

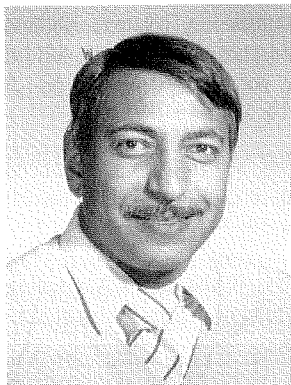
de vagues avec le modèle d'Éléments finis régionaux (EFR) de la Division de RPN. Nous espérons enfin achever en 1996-97 le couplage du modèle de vagues au modèle EFR, y compris tous les aspects des modes opérationnels et de l'assimilation et de la vérification des données.

### Références

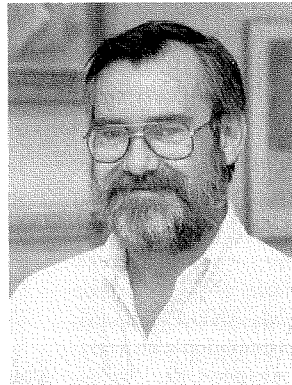
- CHALIKOV, D., AND M. YU. BELEVICH. 1993. One-dimensional theory of the wave boundary layer. *Bound. Layer Meteor.* 63: 65-96.
- CHARNOCK, H. 1955. Wind stress on a water surface. *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.* 81: 639-640.
- DEL LAS HERAS, M. M., AND P. A. E. M. JANSSEN. 1992. Data assimilation with a coupled wind-wave model. *J. Geophys. Res.* 97: No. C12, 20261-20270.
- DELAGE, Y. 1988. A parameterization of the stable atmospheric boundary layer. *Boundary Layer Meteorology*, 43: 365-381.
- DOBSON, F. W., AND P. VACHON. 1993. The Grand Banks ERS-1 SAR wave spectra validation experiment: Program overview and data summary. *Atmosphere-Ocean*. 32(1): 7-29.
- DONELAN, M. A. 1982. The dependence of the aerodynamic drag coefficient on wave parameters. p. 381-387. In *Proc. First Int. Conf. on Meteorology and Air-Sea Interaction of the Coastal Zone*. The Hague.
- DONELAN, M. A. 1990. Air-Sea Interaction. p. 239-292 In B. LeMehaute and D. Hanes [eds.], *The Sea: Ideas and observations on Progress in the Study of the Seas*. Vol.9. Wiley-Interscience, New York.
- HASSELMANN, S., K. HASSELMANN, G. K. KOMEN, P. JANSSEN, J. A. EWING, AND V. CARDONE. 1988. The WAM model - A third generation ocean wave prediction model. *J. Phys. Oceanogr.* 18: 1775-1810.
- JANSSEN, P. A. E. M. 1989. Wave induced stress and the drag of air flow over sea waves. *J. Phys. Oceanogr.* 19: 745-754.
- PERRIE, W. AND L. WANG 1994. A coupling mechanism for wind and waves. Submitted to *J. Phys. Oceanogr.*
- SMITH, S. D., R. J. ANDERSON., W. A. OOST., N. M. KRAAN., J. DECOSMO., K. B. KATSAROS., K. L. DAVIDSON., K. BUMKE., L. HASSE., AND H. M. CHADWICK. 1992. Sea surface wind stress and drag coefficient: The HEXOS results. *Boundary-Layer Meteorology*. 60: 109-142.
- WEBER, S. L., H. VON STORCH, P. VITERBO, AND L. ZAMBRESKY. 1993. Coupling an ocean wave model to an atmospheric general circulation model. *Climate Dynamics*. 9: 63-69.

# La Topologie et le monde changeant de la fabrication des cartes

H. Varma et D. Frizzle



H. Varma



D. Frizzle

Ces cinq dernières années ont vu une révolution dans le processus de détermination des positions. Ainsi, le Système de positionnement global (GPS) fournit désormais une couverture à l'échelle mondiale avec grande fiabilité. La Carte électronique de navigation (CEN) avertit immédiatement son utilisateur de la présence de zones dangereuses et des risques de collision. Or l'élaboration de ces systèmes a nécessité l'apport de la topologie.

## Qu'est-ce que c'est que la topologie ?

La topologie a été définie comme l'étude des relations entre objets spatiaux. Le monde de la topologie a été enrichi par des recherches effectuées au Service hydrographique du Canada (SHC), où l'on a imaginé de nouveaux concepts permettant d'utiliser la topologie des attributs pour orienter la topologie spatiale. Ces nouveaux concepts permettent à l'utilisateur de rechercher, manipuler et analyser des données dans une base de données avant leur visualisation définitive dans un Système d'information géographique (SIG). Le présent article décrit certaines des solutions qui ont été développées par le SHC et ses partenaires.

Traditionnellement, l'information topologique est composée de lignes appelées arcs, dont les extrémités se recoupent sur des noeuds bien localisés et

qui forment des polygones non chevauchants à l'intérieur de chaque couche thématique. La fabrication de cartes marines a besoin de la topologie pour la définition de toutes les surfaces coloriées qui figurent sur les cartes en papier.

## La topologie et les fichiers de cartes

Les fichiers de cartes de la CEN nécessitent une quantité considérable d'informations dont la signification était induite par le marin utilisant une carte marine. Ainsi, les teintes plus foncées de bleu indiquant la présence d'eaux moins profondes doivent désormais être étiquetées, en indiquant de manière explicite la profondeur d'eau. Les traceurs modernes comme celui de la CEN ont besoin de ces fichiers topologiques complets, qui exigent plus du SIG et de l'hydrographe. La solution envisagée par le SHC consiste à inclure les relations topologiques au sein du Système de gestion relationnelle des bases de données (SGRBD). Cela permettra au compilateur d'extraire et de manipuler ces données de manière ordonnée.

La carte marine se divise en trois couches thématiques : la bathymétrie, les aires de recouvrement et les informations dites non topologiques telles que noms, notes, routes, sondages et symboles.

Les lignes de côte, les courbes de niveau, les lignes de basses eaux, les lignes de danger, les bâtiments et diverses limites font partie des traits géographiques pris en compte par la topologie traditionnelle à balayage du plan.

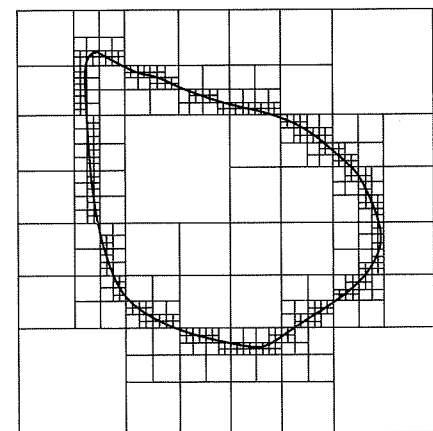
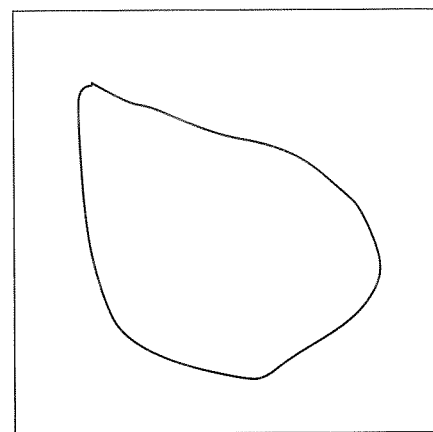


Figure: 1

## La topologie et la base de données

De nouvelles constructions topologiques ensemblistes au moyen de codes hyperspatiaux hélicoïdaux (codes HH) incorporent les informations non topologiques traditionnelles décrites ci-dessus à un modèle topologique cohérent qui accroît les capacités du SIG à répondre à des questions telles que « Quelle est la relation entre ces deux objets » ou « Trouver tous les objets qui sont dans

une relation spécifique avec un objet donné ». Cela est d'importance critique lorsqu'il s'agit en quelque sorte d'insuffler de l'intelligence dans la carte marine de manière à ce qu'elle puisse informer l'utilisateur du risque immédiat de collisions et de la proximité de zones dangereuses lorsqu'il franchit des lieux de passage. Dans la base de données de la CEN, les données spatiales telles que les îles et la bathymétrie (figure 1) seraient emmagasinées dans des quadrants topologiques appelés pavés. Ceux-ci sont des constructions permettant le stockage efficace d'informations sur des caractéristiques et des facteurs de précision de manière binaire; il n'y aurait fractalisation binaire d'une ligne de côte que là où existe l'information sur cette ligne.

### Modèles de données topologiques

L'emploi de structures de données topologiques est devenu un procédé couramment employé pour la modélisation des objets spatiaux par les SIG. Les modèles de données topologiques actuellement connus n'emploient qu'un seul degré de relations spatiales entre objets. Ce qui posait problème, c'est l'élaboration d'une topologie utilisant des structures de données intermédiaires. La plupart des structures topologiques sont élaborées à partir de polygones d'entrée au moyen desquelles les composantes topologiques traditionnelles telles que polygones, spaghetti, anneaux, chaînes et segments linéaires sont construites à l'aide de listes d'indicateurs. Cette structure intermédiaire est formée par un processus de balayage du plan dans lequel les segments linéaires sont reliés à des noeuds. Les noeuds sont reliés par des subdivisions polygonales monotones appelées « lobes », qui possèdent toujours un côté gauche et un côté droit. Les segments linéaires forment des constructions topologiques bidimensionnelles comprenant un intérieur et une frontière à partir desquels des relations topologiques peuvent être formulées.

### Topologie ensembliste

Egenhofer a basé la topologie sur les notions ensemblistes d'intérieur et de frontière. Il en résulte 16 relations topologiques binaires. Ces relations sont

fondées sur la comparaison d'intersections à ensembles vides et non vides entre la frontière et l'intérieur d'espaces topologiques.

Les relations topologiques sont décrites par l'union de quatre intersections de la frontière et de l'intérieur de deux ensembles. Cela forme la base de l'interaction entre deux espaces topologiques, A et B. Des séquences de bits à valeur de vrai ou de faux sont engendrées à partir des intersections entre frontière et intérieur (p. ex. 0000=r0, 0001=r1, 0010=r2, etc.).

### Fonctions et définitions topologiques

r0 Disjoint	r8 Touche
r1 Intérieur-dans-corps	r9 Contenu dans frontière
r2 Frontière-dans-intérieur	r10 Contient-dans frontière
r3 Frontière-recoupe-intérieur	r11 Surtout-dans-frontière
r4 Intérieur-recoupe	r12 Égale
r5 Contient	r13 Recouvre
r6 À l'intérieur	r14 Recouvert par
r7 Découpe	r15 Recoupe

La topologie ensembliste permet l'emploi d'opérations sur des ensembles mettant en jeu des objets dans le cadre du modèle relationnel corporel au moyen du Langage spécial de questionnement (LSQ).

### Topologie à n dimensions

La topologie complexe peut être décrite comme une topologie à n dimensions. Elle consiste en l'union de la frontière et de l'intérieur d'intervalles de contrainte à n dimensions. Une nuée d'orage constitue un bon exemple de topologie complexe. On dit de la nuée qu'elle consiste en x, y, z, la température, la pression, l'humidité et le potentiel électrique. Chacune de ces variables représente en elle-même une dimension.

Des intervalles spécifiques au sein de chaque vecteur dimensionnel (p. ex.  $2 \text{ deg} < \text{temp} < 5 \text{ deg}$ ) déterminent les frontières et l'intérieur topologiques de la nuée d'orage. Si les intervalles de variation de chaque dimension (mises à part les dimensions spatiales) sont déplacés à une nouvelle localisation spatiale, la topologie de la nuée d'orage doit apparaître à cette localisation. Il en est ainsi parce que ce sont

là les conditions optimales pour la présence d'une nuée d'orage. Ces dimensions attributives constitue la topologie d'attributs de la nuée d'orage. Si un des éléments dimensionnels ou plus de la topologie attributive dépasse ou est inférieur à ses contraintes d'intervalle correspondantes, la topologie de la nuée d'orage disparaît. La fusion des topologies spatiales et attributives forme une topologie spatiale complexe. Les dimensions spatiales ne coïncident qu'avec la forme et la taille de cette topologie complexe. La topologie attributive dirige la topologie spatiale. Afin de former la structure topologique spatiale complexe, on divise l'espace au moyen de voxels de taille variable.

Une fois les données stockées sous cette forme de structure topologique, on peut procéder à l'analyse de divers ensembles de données. Aussi une toute nouvelle gamme d'outils est-elle apparue, telle que l'analyse corrélatrice des données (fusion des données). Une telle approche généralisée de l'analyse des données est très utile pour l'analyse corrélatrice d'ensembles de données distincts, complexes et multidimensionnels dans les sciences géologiques et biologiques.

### Topologie temporelle

Les bases de données actuelles ne décrivent qu'un état des données. Les états passés sont largement oubliés et l'avenir anticipé ou prédit ne peut être traité. Manifestement, cela tient à l'incapacité des bases de données actuelles de suivre l'évolution des entités dans le temps.

En fait, les données des bases de données sont chronologiquement incohérentes parce qu'elles s'actualisent à des points différents et inconnus dans le temps. En revanche, une base de données temporelle modélise le monde en évolution dynamique en déterminant tous les points d'inflexion et en conservant toutes les données.

D'un point de vue conceptuel, l'inclusion de l'élément temporel dans les codes HH crée des cubes d'espace-temps dans lesquels la profondeur correspond à la dimension temporelle. Des topologies temporelles peuvent ensuite être construites par-dessus des surfaces spatiales au moyen de lignes temporelles. Cela signifie que les

objets ont une durée de vie au cours de laquelle leurs attributs peuvent changer. Les lignes temporelles fournissent les contraintes de frontière temporelle et leurs simplexes intérieurs, et sont définies pour une surface spatiale spécifique. Cela engendre une continuité, nécessaire aux topologies temporelles qui se recoupent. On peut alors recourir à des opérations topologiques unidimensionnelles pour corrélérer des documents, des données ou des produits selon leurs durées de vie respectives, ce qui est d'importance critique lorsqu'il s'agit de conserver ou remettre à jour ces données, documents ou produits.

### Interrogations LSQ approfondies

Les langages d'interrogation des bases de données commerciales actuelles sont inadéquats pour mener à bien des interrogations approfondies. Cela est dû au fait que ces langages n'offrent que des outils permettant de comparer l'égalité ou l'ordre de types de données simples, par exemple des nombres entiers ou des suites. L'incorporation de relations topologiques définies sur des domaines spatiaux à la syntaxe d'un langage d'interrogation spatial constitue une extension d'importance fondamentale par rapport aux capacités des

langages d'interrogation traditionnels. Un langage d'interrogation topologique de ce genre est présentement en voie d'introduction comme élément du Multi-Dimension Product de la société Oracle.

#### EXEMPLE:

Le code HH représente l'élément spatial de l'interrogation.

#### INTERROGATION:

"Choisir tous les relevés qui recoupent ou sont contenus dans la carte 4096."

#### MÉTHODE:

Choisir nom.carte  
à partir de FS, Carte  
où  
Nom.carte=(« 4096 »)  
et  
recoupe(FS.code HH, carte.code hh)  
ou  
est contenu(FS.code hh, carte.code hh).

Un tel procédé a un impact immédiat sur la conception et la mise en oeuvre des systèmes d'information géographiques. Les relations spatiales topologiques peuvent être dérivées d'un modèle de données cohérent unique. Des cadres conceptuels de

ce type permettent une interaction plus fructueuse entre des ensembles de données divers fondés sur le temps et la surface. Cela rend plausible le concept de fusion des données lorsqu'il s'agit de comprendre comment un ensemble de données agit sur un autre ensemble tout en introduisant le concept de paradigme de surface.

### Conclusion

Par l'incorporation des codes HH, de la topologie temporelle et de perfectionnements aux procédés d'interrogation, le SHC a élaboré un nouvel instrument amélioré d'exploitation des bases de données qui révolutionnera le monde de la fabrication des cartes.

# Organisation et personnel

L'Institut océanographique de Bedford (IOB), le Laboratoire de recherche halieutique de Halifax (LRHH) et la Station de biologie de St. Andrews (SBSA) sont des établissements de recherche du gouvernement du Canada administrés par le ministère des Pêches et des Océans (MPO), pour son propre compte et, dans le cas de l'IOB, pour celui d'autres ministères fédéraux qui y possèdent des laboratoires et du personnel, en l'occurrence le ministère des Ressources naturelles du Canada et le ministère de l'Environnement du Canada. Le premier est représenté à l'Institut par un grand organisme, soit le Centre géoscientifique de l'Atlantique de la Commission géologique du Canada. Le second y possède deux organismes, soit la Section de recherche sur les oiseaux de mer du Service canadien de la faune et un Laboratoire de la qualité de l'environnement. L'IOB loue aussi des locaux aux entreprises privées ASA Consulting Ltd. et Brooke Ocean Technology Ltd., qui oeuvrent dans des domaines connexes aux sciences de la mer.

Remarque : Le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources est devenu le ministère des Ressources naturelles du Canada le 25 juin 1993.

Voici les principaux groupes présents à l'IOB au 1er décembre 1993, ainsi que le nom de leur chef. Outre les trois établissements de recherche, des bureaux situés à Halifax dans le Maritime Centre (MC) accueillent une partie du personnel. À noter que tous les numéros de téléphone indiqués pour l'IOB, le Laboratoire de Halifax et le Maritime Center commencent par (902) 426-..

## MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS

### Région de Scotia-Fundy

#### Directeur général régional

N. A. Bellefontaine MC/2581

#### Directeur régional des sciences

S.B. MacPhee IOB/3492

Division de la liaison et de l'évaluation  
du milieu marin

H. B. Nicholls, chef IOB/3246

Services de calcul scientifique

D. Porteous, chef IOB/2452

#### Direction des sciences biologiques

M. Sinclair, directeur IOB/3130

R.E. Lavoie,  
directeur adjoint IOB/2147

Division des poissons de mer

R.N. O'Boyle, chef IOB/4890

Division des poissons benthiques et  
de l'aquiculture

(et directeur, Laboratoire de recherche  
halieutique de Halifax)

J.D. Pringle, chef LRHH/6138

Division de l'océanographie  
biologique

T.C. Platt, chef IOB/3793

Division des poissons d'eau douce et  
des anadromes

J. A. Ritter, chef MC/3573

Division de l'écologie de l'habitat

D.C. Gordon, chef IOB/3278

Station de biologie de St. Andrews

W. Watson-Wright,  
directeur SBSA/(506) 529-5860

#### Direction des sciences physiques et chimiques

J. A. Elliott, directeur IOB/8478

Division de la chimie marine

J. M. Bewers, chef IOB/2371

Division de l'océanographie côtière

C. S. Mason, chef IOB/3875

Division de la métrologie

D. L. McKeown, chef IOB/3489

Division de la circulation océanique

R. A. Clarke, chef IOB/2502

#### Direction de l'hydrographie Service hydrographique du Canada (Atlantique)

P. Bellemare, directeur IOB/3497

Division des levés hydrographiques

R. C. Lewis, chef IOB/2432

Publications nautiques

S. L. Weston, chef IOB/7286

Développement hydrographique

R.G. Burke, chef IOB/5411

Gestion des données

S. T. Grant, chef IOB/5409

#### Bureau de coordination de l'aquiculture

R.H. Cook, chef MC/9068

#### Direction des services de gestion

J. Wheelhouse,  
directeur p.i. IOB/7433

Services maritimes

W. Cottle, chef p.i. IOB/7292

Ingénierie et services techniques

D.F. Dinn, chef IOB/2009

Gestion des installations

A. Medynski, chef IOB/7449

Gestion du matériel

B. Tsinman, chef IOB/5226

Systèmes d'information

T. Wagg, chef p.i. MC/9315

Bibliothèque

A. Fiander, chef IOB/3675



## Organisation et personnel

Services administratifs G. Browne, chef p.i. IOB/7037	<b>RESSOURCES NATURELLES CANADA</b>	Administration G. McCormack, chef IOB/2111
<b>Direction du contrôleur</b> G.C. Bowdridge, directeur MC/6166	<b>Centre géoscientifique de l'Atlantique</b>	<b>ENVIRONNEMENT CANADA</b>
Opérations de comptabilité et de trésorerie S. Lucas, chef MC/3552	<b>Commission géologique du Canada</b> D.B. Prior, directeur IOB/3448 Analyse des bassins	<b>Région de l'Atlantique</b>
Planification et analyse financières L. Y. N. Seto, chef MC/7060	K.D. McAlpine, chef IOB/2730	<b>Division de la conservation de la faune marine</b> (Service canadien de la faune) E.H.J. Hiscock, chef IOB/6314
<b>Direction des communications</b> J. Gough, directeur MC/3550	Géologie du milieu marin R.A. Pickrill, chef IOB/7730	<b>Laboratoires de la qualité du milieu</b> P.E. Belliveau, chef (506) 851-3837
Communications - sciences M. MacDonald IOB/6414	Reconnaissance régionale J. Verhoef, chef IOB/5687	K.G. Doe, chef administratif Laboratoire de Dartmouth (IOB) IOB/3284
	Soutien des programmes K.S. Manchester, chef IOB/3411	

---

# Travaux de recherche

Voici la liste des études et des travaux de recherche entrepris par les laboratoires du ministère des Pêches et des Océans dans la région de Scotia-Fundy du MPO, par le Centre géoscientifique de l'Atlantique du ministère des Ressources naturelles du Canada et par les services d'Environnement Canada à l'IOB. Pour obtenir des renseignements à leur sujet, veuillez écrire au directeur régional des sciences, région de Scotia-Fundy, ministère des Pêches et des Océans, Institut océanographique de Bedford, C.P. 1006, Dartmouth (Nouvelle-Écosse), B2Y 4A2.

## MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS RÉGION DE SCOTIA- FUNDY

### DIRECTION DES SCIEN- CES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

#### A. SERVICES RELATIFS AU RÉGIME OCÉANIQUE

1. Programme sur l'échange d'humidité au-dessus de la mer (HEXOS)  
*S.D. Smith, R. Anderson*
2. Études de la microstructure dans l'océan  
*N.S. Oakey*
3. Études sur les flux air-mer de chaleur et de quantité de mouvement à grande échelle spatiotemporelle, à l'aide de formules globales réévaluées  
*F.W. Dobson, S. D. Smith*
4. Rotation descendante et mélange des lentilles salées en Méditerranée  
*N.S. Oakey, B.R. Ruddick (Dal)*
5. Modélisation de la mer du Labrador  
*C. Quon*
6. Mesures de la variabilité du Gulf Stream à l'aide d'instruments mouillés: statistiques et cartographie  
*R.M. Hendry*
7. Expérience dans le bassin de Terre-Neuve  
*R.A. Clarke, R. M. Hendry, E.P. Jones*
8. Problèmes de dynamique des fluides en géophysique  
*C. Quon*
9. Expérience dans la mer de Norvège et de la mer du Groenland  
*R.A. Clarke, E.P. Jones, J. Reid (Scripps), J. Swift (Scripps)*
10. Études du courant de l'Atlantique Nord et de l'écoulement vers le large des eaux du courant du Labrador  
*J.R.N. Lazier*
11. Programme évolutif d'observations bathythermographiques par des navires océanographiques occasionnels pour l'étude du stockage thermique dans l'Atlantique Nord  
*F. Dobson*
12. Gestion et archivage de données  
*D.N. Gregory*
13. Océanographie physique de l'est de l'Arctique  
*C.K. Ross*
14. Transport de l'eau dans et par le passage du Nord-Ouest  
*S.L. Prinsenberg*
15. Variabilité saisonnière et interannuelle dans le golfe du Saint-Laurent  
*G.L. Bugden*
16. Courants de marée et courants résiduels - Travaux de modélisation en trois dimensions  
*K.-T. Tee*
17. Circulation et flux air-mer dans la baie d'Hudson et la baie James  
*S. Prinsenberg*
18. Sondes CTP et autres capteurs  
*A.S. Bennett*
19. Techniques de manutention et d'utilisation des systèmes d'instruments et de câbles  
*J.-G. Dessureault, R. F. Reiniger*
20. Variabilité climatique inscrite dans les sédiments marins  
*J. Smith*
21. Carbonates et substances nutritives dans les régions arctiques  
*E.P. Jones*
22. Distribution de l'eau de fonte de la glace de mer  
*F.C. Stan, P. Strain*
23. Échange entre les courants gyroïres : flux au sud des Grands Bancs de Terre-Neuve par 50° ouest  
*R. Hendry*
24. Expérience sur la circulation océanique mondiale (WOCE) - Parties du Programme hydrographique  
*R.A. Clarke, R.M. Hendry, E.P. Jones, J.R.N. Lazier*
25. Échange de CO<sub>2</sub> dans l'interface air-mer  
*S.D. Smith, R. Anderson, F.W. Dobson, E.P. Jones*
26. Système CTP des programmes par navires océanographiques occasionnels  
*J.-G. Dessureault, R.A. Clarke, B. Beanlands, S.W. Young*
27. Études du mélange turbulent dans le cadre de la North Atlantic Tracer Release Experiment (NATRE)  
*N.S. Oakey, B.R. Ruddick*
28. Isotopes d'oxygène et mélange sur la plate-forme néo-écossaise  
*P. Strain, F. Tan, P. Smith*
29. Élaboration de modèles efficaces pour l'étude des variations climatiques à long terme  
*D.G. Right, T.S. Stocker*
30. Mécanismes de visionnement radar pour la cartographie des entités océaniques  
*B.J. Topliss, T.H. Guymer*
31. Élaboration de la chaîne température-salinité  
*G.A. Fowler, R.A. Clarke*

**B. TRANSPORT ET ACTIVITÉS OCÉANOLOGIQUES**

1. Analyse des trajectoires d'hydrocarbure  
*D.J. Lawrence, P.C. Smith*
2. Processus hivernaux dans le golfe du Saint-Laurent  
*G. Bugden*
3. Programme de surveillance de l'environnement de Point Lepreau  
*J.N. Smith*
4. Situations d'urgence en mer  
*E.M. Levy*
5. Nouvelle foreuse Vibracorer commandée de la surface, télécommandée sous la surface ou utilisée à partir d'un véhicule télécommandé  
*G. Fowler*

**C. RESSOURCES ÉNERGÉTIQUES EXTRACÔTIÈRES**

1. Glaces de la côte du Labrador  
*S. Prinsenberg, I. Peterson*
2. Dynamique de la mer du vent  
*W. Perrie*
3. Mesures des courants près de la surface de l'océan  
*P.C. Smith, D.J. Lawrence, J.A. Elliott, D.L. McKeown*
4. Modélisation des glaces et des icebergs en dérive le long des côtes du Labrador et de l'île de Baffin  
*M. Ikeda*
5. Circulation à grande échelle dans la mer du Labrador et la baie de Baffin  
*M. Ikeda*
6. Travaux sur la marge de glace du Labrador  
*C. Tang, M. Ikeda*
7. Océanographie de la plate-forme continentale de Terre-Neuve  
*B.D. Petrie*
8. Étude de la variabilité des courants et de la dynamique de la couche mixte dans la partie nord-est des Grands Bancs de Terre-Neuve  
*C.L. Tang, B.D. Petrie*
9. Anémomètres pour bouées dérivantes  
*J.-G. Dessureault, D. Harvey*
10. Mise au point d'un flotteur lagrangien de surface  
*D.L. McKeown*
11. Stress causé aux poissons juvéniles par les hydrocarbures  
*J.H. Vandermeulen*
12. Cycle des contaminants dans les eaux estuariennes  
*J.H. Vandermeulen*
13. Échanges verticaux et horizontaux sur le banc Georges  
*J. Loder, K. Drinkwater, E. Horne, N. Oakey*
14. CO<sub>2</sub> océanique  
*E.P. Jones*
15. Interactions entre le champ de vent et les vagues  
*F. Dobson, S. Smith, W. Perrie*
16. Système de gestion des données océanographiques  
*D. Gregory, G. Boudreau*
17. Étude de courants océaniques dans les eaux canadiennes de l'Atlantique à l'aide de l'altimétrie et de la modélisation satellitaires  
*M. Ikeda*
18. Conception d'un mouillage résistant à la glace  
*G.A. Fowler, D. Belliveau, J. Hamilton*
19. Conception de systèmes d'acquisition continue de données océanologiques  
*D. Belliveau, J. Hamilton, G. Fowler*
20. Conception d'une plate-forme d'acquisition de données atmosphériques en temps réel (PADIRT)  
*J. Hamilton, G. Fowler, D. Belliveau*
21. Flux de glace marine sur les plate-formes terre-neuviennes  
*S. Prinsenberg, I. Peterson*
22. Océanographie dans le cadre du Programme canadien d'étude des tempêtes dans l'Atlantique (PCETA II)- Échange et mouvements de glace transversaux sur la plate-forme dans la partie nord des Grands Bancs de Terre-Neuve  
*P. Smith, C. Tang, S. Prinsenberg, M. Ikeda*
23. Conception de balises et d'instruments à glace peu coûteux  
*G.A. Fowler, S.J. Prinsenberg, J. Hamilton*
24. Modélisation de la circulation en trois dimensions dans la région du golfe du Maine  
*J. Loder, D.A. Greenberg*
25. Épaisseur de la glace marine  
*S. Prinsenberg*
26. Système de surveillance des impacts (MIMS)  
*D. Belliveau*
27. Particules de carbone noir  
*R. Pocklington*
28. Assimilation de données et télédétection dans la modélisation des vents océaniques  
*W. Perrie*
29. Étude de l'ablation des glaces marines  
*C. Tang*
30. Pression des glaces dans le pack mobile au large de la côte est du Canada  
*S. Prinsenberg*
31. Vérification des données satellitaires sur la surface de l'océan  
*F. Dobson*
32. Évaluation critique du «réchauffement dû à l'effet de serre» et du rôle qu'y jouent les émissions résultant de la combustion de combustibles fossiles  
*R. Pocklington*
33. Intégration de données de télédétection par satellite à des simulations sur les glaces marines et l'océan  
*M. Ikeda*

**D. RESSOURCES VIVANTES**

1. Circulation au large du sud-ouest de la Nouvelle-Écosse : l'expérience du cap Sable  
*P.C. Smith, D. LeFavre (Québec), K. Tee, R. Trites*
2. Expérience du rebord de la plate-forme : dynamique des basses fréquences et brassage sur le rebord de la plate-forme néo-écossaise  
*P.C. Smith*
3. Surveillance à long terme du courant du Labrador sur le banc Hamilton

- J. Lazier*
4. Surveillance à long terme de la température  
*D. Gregory, B. Petrie, E. Verge*
  5. Conception d'une installation de télédétection à la Direction des sciences physiques et chimiques  
*C.S. Mason, B. Topliss, M. Stepanczak*
  6. Échanges horizontaux et verticaux sur le platier sud-est des Grands Bancs de Terre-Neuve  
*J.W. Loder, C. K. Ross*
  7. Propriétés optiques des eaux canadiennes  
*B.J. Topliss*
  8. Instruments de mesures biologiques pour l'Arctique  
*A. Herman, M. Mitchell*
  9. Balayage acoustique multifréquence de la colonne d'eau  
*N.A. Cochrane*
  10. Détermination de l'âge des poissons par la mesure de  $^{210}\text{Pb}$ / $^{226}\text{Ra}$  dans les otolithes  
*J.N. Smith*
  11. Taux de croissance du pétoncle géant (*Plactopecten Magellanicus*) mesuré par les isotopes de l'oxygène  
*F.C. Tan, M. Frechette (IML), D. Roddick (DSB), S. Robinson (St. Andrews)*
  12. Effets de l'écoulement de la baie d'Hudson sur la plate-forme du Labrador  
*K. Drinkwater*
  13. Études sur le transport et la diffusion des larves  
*R.W. Trites, T.W. Rowell*
  14. Variabilité environnementale - Corrélations, configurations et échelles de réaction  
*K. Drinkwater*
  15. Identification des entités océaniques au moyen de techniques de représentation à spectres multiples, à distance et sur place  
*B. Topliss*
  16. Enregistreur de TLC (Température, lumière, courant)  
*J.-G. Dessureault, B. Beanlands*
  17. Échange entre les eaux du large et celles des estuaires, des anses et des enfoncements de la côte dans la région de Scotia-Fundy  
*G. Bugden*
  18. Océanographie physique en conjonction avec le programme d'établissement du profil du phytoplancton  
*G.L. Bugden*
  19. Classification des estuaires, anses et enfoncements de la côte  
*R.W. Trites, B.D. Petrie*
  20. Océanographie de la région de Quoddy  
*R.W. Trites*
  21. Études sur le port de Halifax  
*D.J. Lawrence, B. Petrie*
  22. Sonar d'avant-garde à multifréquences  
*N.A. Cochrane*
  23. Conception d'un modèle aux éléments finis pour la circulation dans la zone côtière et sur la plate-forme  
*D. Greenberg*
  24. Compteur de particules au laser  
*A.W. Herman, E.F. Phillips, M. Mitchell, S. Young*
  25. Détecteur optique de microzooplancton  
*A.W. Herman, E.F. Phillips, M. Mitchell, S. Young*
  26. Diagnostic des problèmes de mesure des courants par gros flux au moyen de courantomètres à ailettes  
*Aanderaa*  
*J.M. Hamilton, G.A. Fowler*
  27. Études de la dérive lagrangienne en trois dimensions au large du sud-ouest de la Nouvelle-Écosse  
*K.-T. Tee, P.C. Smith, F. Page, R. Stephenson (DSB)*
  28. Échelles spatiales et temporelles de la variabilité des courants sur le banc Western  
*K.F. Drinkwater, J.W. Loder, B. Sanderson (Memorial U.), K.R. Thompson (Dalhousie)*
  29. Caractéristiques de la variabilité du climat dans la masse d'eau de la plate-forme néo-écossaise, région de Scotia-Fundy.  
*K.F. Drinkwater, J.W. Loder, B.D. Petrie, P.C. Smith, D. Lawrence, F. Page (DSB), S. Smith*
  30. Fluoromètre à fibres optiques  
*M. Mitchell, A.W. Herman*
  31. Système de levés benthiques sur la plate-forme  
*D.L. McKeown*
  32. Étude du zooplancton à long terme par mouillage d'un compteur optique de plancton  
*A. Herman, D.D. Sameoto, N. Cochrane*
- ### E. BIOGÉOCHIMIE
1. Géochronologie et géochimie des sédiments dans le fjord du Saguenay  
*J.N. Smith*
  2. Géochimie des métaux-traces dans les zones de mélange estuariennes  
*P. Yeats, J. Dalziel*
  3. Géochimie des métaux-traces dans l'Atlantique Nord  
*P.A. Yeats, J. Dalziel*
  4. Composantes organiques naturelles du milieu marin  
*R. Pocklington*
  5. Mesures des radionucléides dans l'Arctique  
*J. Smith*
  6. Étude des isotopes dans le carbone organique particulaire et dissous, en eau profonde et dans les zones côtières  
*F.C. Tan, P. Strain*
  7. Expériences canado-allemande Caisson  
*D.H. Loring, F. Prosi*
  8. Transport des métaux-traces dans l'Atlantique Ouest  
*P. Yeats*
  9. Définition des conditions de dépôt à partir des spectres granulométriques des sédiments abyssaux  
*K. Kranck*
  10. Rôle de la floculation dans le flux de particules au sein du milieu marin  
*K. Kranck*
  11. Réactivité chimique dans les couches océaniques de surface  
*P. Strain*
  12. Composition et réactions des matières colloïdales marines  
*S. Niven*
  13. Dynamique des matières nutritives à Ship Harbour (N.-É.)  
*P. Strain, P. Yeats, S. Durvasula*

**F. TOXICOLOGIE, CONTAMINANTS ET HABITAT**

1. Programme canadien des normes de chimie analytique marine  
*M. Bewers, J. Uthe, P. Yeats, D. Loring*
2. Activités internationales  
*J.M. Bewers, R. Addison, D.H. Loring, R. Misra, J. Uthe, P.A. Yeats*
3. Pollution des sédiments et des matières en suspension par les métaux lourds sur la plate-forme du Groenland  
*D.H. Loring, G. Asmund*
4. Évaluation des risques liés aux produits chimiques toxiques  
*J.F. Uthe, R. Misra, C. L. Chou, N. Prouse*
5. Évaluation de l'habitat et recherche connexe - Pluies acides  
*J. Uthe, R. Misra, P. Yeats, G.B. Sangalang*
6. Évaluation des risques que présentent les produits chimiques organiques pour les pêches  
*V. Zitko*
7. Indicateurs biochimiques de la santé des animaux aquatiques  
*K. Haya, B. A. Waiwood, L. E. Burridge*
8. Induction des enzymes OFM par les BPC et leurs substituts  
*R.F. Addison*
9. Organochlorés chez les phoques  
*R.F. Addison*
10. Contaminants sublétaux : devenir et effets à long terme de la pollution des systèmes aquatiques par les hydrocarbures pétroliers  
*J.H. Vandermeulen*
11. Toxicologie aquatique des phytotoxines marines  
*K. Haya*
12. Études des toxines amino-acidiques des mollusques  
*R. Pocklington*
13. Toxines des mollusques - Techniques et améliorations  
*V. Zitko*
14. Contaminants dans les pêcheries de homard des ports municipaux  
*J.F. Uthe, R.K. Misra, C.L. Chou, N. Prouse*
15. Évaluation régionale - Secteurs côtiers de la région de Scotia-Fundy  
*J.M. Bewers, P.A. Yeats, J.F. Uthe, G. Seibert, D.J. Loring*
16. Contaminant dans les pêcheries sportives  
*J.F. Uthe, C.L. Chou, N. Prouse*
17. Effets des pesticides et des produits chimiques agricoles sur l'habitat du poisson  
*V. Zitko, A.T. Bielak (région du Golfe)*
18. Tests endocrinologiques de toxicité sublétale  
*J. Uthe*
19. Sources, distribution et devenir des contaminants métalliques des sédiments des ports et estuaires de l'Atlantique  
*D.H. Loring, T. Milligan*
20. Modélisation de la distribution des produits chimiques toxiques dans les ports et les estuaires  
*P.A. Yeats, B. Petrie, J. Dalziel, P. Strain*
21. Facteurs agissant sur les concentrations de produits chimiques toxiques dans le homard  
*C.L. Chou, R.K. Misra, J.F. Uthe, N. Prouse*
22. Identification des produits chimiques organiques synthétiques dans les espèces commerciales provenant des rivières et ports municipaux et industriels  
*J.M. Bewers, J. Uthe*
23. Chronologie des flux de contaminants dans les sédiments marins  
*J.N. Smith, K.M. Ellis*
24. Tendances des contaminants dans certaines pêches commerciales : Étude de la morue du golfe du Saint-Laurent  
*J.F. Uthe, R.K. Misra, C.L. Chou, N. Prouse*
25. Évaluation des fonctions d'apport de produits chimiques toxiques dans la région de Scotia-Fundy  
*P.A. Yeats, D.H. Loring, P.M. Strain, F.C. Tan*
26. Application des tests biochimiques de toxicité sublétale à la détection des effets de la pollution sur le poisson commercial de l'Atlantique  
*R. Addison, J.H. Vandermeulen, D.E. Willis, M. E. Zinck*
27. Création d'une banque de tissus de poissons plats provenant des eaux côtières  
*J.H. Vandermeulen*
28. Système de gestion de données régionales sur les produits chimiques toxiques  
*P. Strain*
29. Formulation de conseils en matière de toxicité des produits chimiques  
*J.M. Bewers, C.L. Chou, K. Haya, E.P. Jones, D.H. Loring, S. Niven, P. Pocklington, J.N. Smith, F.C. Tan, J.F. Uthe, J.H. Vandermeulen, P.A. Yeats, V. Zitko*
30. Conception d'un vidéo de relations publiques sur l'état du milieu marin  
*J.M. Bewers*
31. Mesure des contaminants radioactifs dans l'océan arctique  
*J.N. Smith, K.M. Ellis, R. McDonald (IOS), A.Aarkrog (Danemark)*

**DIRECTION DE L'HYDROGRAPHIE**

**A. HYDROGRAPHIE**

1. Cartographie de l'océan, approches de Halifax (en mer) (Provinces de l'Atlantique)  
*G. Costello*
2. Levés - Côtes et de ports Baie de Bonavista (à terre)  
*D. Blaney*  
Baie de Notre Dame (à terre)  
le Cottle Anse Comfort  
Bridgeport Passage Dildo  
*J. Goodyear*
3. Levés - Ports (en mer) Halifax  
*M. Lamplugh*  
Baie de Notre Dame  
Déroit Sir Charles Hamilton  
*C. Stirling*
4. Levés de vérification (à terre) Fredericton (N.-B.) Côte nord (Î.-P.-É)  
*E. Comeau*
5. Formation sur le terrain - Port de Halifax (Conversion DD/EG)  
*G. Henderson*

## B. MARÉES, COURANTS ET NIVEAUX DE L'EAU

1. Soutien permanent aux levés et à la production de cartes du SHC  
*C. O'Reilly, C.P. McGinn, G.B. Lutwick, F. Carmichael*
2. Réseau permanent des marégraphes et des indicateurs de niveau de l'eau  
*C. O'Reilly, C.P. McGinn, G.B. Lutwick, F. Carmichael*
3. Révision et mise à jour des Tables des marées et des Instructions nautiques  
*C. O'Reilly*
4. Soutien aux activités scientifiques et techniques :  
Étalonnage et entretien des instruments portatifs et submersibles

Analyse des marées dans le bassin des Mines (îles Five) dans le cadre de l'étude des marées de l'université Queens - Limite extrême des eaux de marée dans la Miramichi

Conception d'un marégraphe télécommandé pour l'Arctique (avec liaison au satellite ARGOS et communications sous-marines de données EM)

Conception d'un système d'information sur le niveau des eaux océaniques côtières (COWLIS)

Conception d'un système d'information sur les bases de données sur les marées (base de données/modélisation)  
*C.O'Reilly, C.P. McGinn, G.B. Lutwick, F. Carmichael*

## C. PRODUCTION DE CARTES MARINES

1. Production de cartes  
14 nouvelles cartes  
6 nouvelles éditions  
36 annexes graphiques  
150 Avis aux navigateurs  
*S. Weston, M. Chenier, A. Hantzis*
2. Instructions nautiques Publication d'instructions nautiques

pour le golfe du Saint-Laurent et la rivière Saint-Jean  
*S. Weston, R. Pietrzak*

## D. GESTION ET PLANIFICATION DE DONNÉES

1. Mise à jour et tenue du système de gestion des données du répertoire principal du Centre de données hydrographiques  
*C. Day-Power, S. Nickerson*

Interaction avec la Section de validation  
*C. Day-Power, S. Nickerson*

2. Validation de nouvelles cartes et de nouvelles éditions

Nouvelles cartes  
5051 De l'île Nunaksuk aux îles Calf, Cow et Bull, (T.-N.)

Nouvelles éditions  
4846 De la baie de Motion au cap St. Francis  
4911 Entrée de la Miramichi  
4912 Miramichi  
8049 De la baie de St. Michael aux îles Gray

Diagrammes d'instructions nautiques  
Pointe Sapin (N.-B.)  
Val Comeau (N.-B.)  
Escuminac (N.-B.)

Validation de documents provenant d'organismes extérieurs  
35 Avis aux navigateurs recommandés par suite de l'examen de nouveaux documents et annexes, dont une intercalaire pour les 800 documents sur le cap Saint Mary (mini-cartes numériques)

5000 Avis aux navigateurs et révision de 260 recueils d'Avis aux navigateurs étrangers

Validation de 791 documents des listes d'acquisitions  
Environ 1 100 documents remplacés, classés redondants ou annulés par suite des travaux de l'unité de validation (cartes,

acquisitions, annexes, etc.)  
*D. Nicholson, J. Ferguson, W. Burke, E. Crux, D. Frizzle, H. Joyce, B. McCorriston, S. Parsons, K. Paul, V. Randhawa, D. Roop, T. Rowsell*

3. Navigation  
Entretien du BIONAV et services aux usagers  
*H. Boudreau*

Établissement de grilles LORAN-C  
*N. Stuijbergen*

4. Systèmes de gestion des données et cartes électroniques  
SGBD du Plan vert et recherches sur la carte électronique  
*S. Grant, D. Frizzle, G. MacLeod, C. Day-Power, H. Varma, M. Eaton, H. Boudreau, J. Davidson, R. Pietrzak, M. MacDonald, C. Stirling*

## E. ACTIVITÉS HYDROGRAPHIQUES

1. Coordination de la recherche et du développement au sein du SHC  
*R.G. Burke*
2. Mise en service d'un système de traitement de données hydrographiques  
*R.G. Burke, S. Forbes*
3. Mise en service du SPG et du SIHI  
*S. Forbes*
4. ORACLE  
Système de gestion de l'information spatial et multidimensionnel  
*H. Varma*
5. Programme canadien de cartographie de l'océan (OMIC)  
*G. Costello*
6. Amélioration des techniques de cartographie assistée par ordinateur  
*S. Forbes, K. White*
7. Coordination et soutien en informatique  
*S. Forbes, L. Norton, K. White, M. Ruxton*

**DIRECTION DES SCIENCES BIOLOGIQUES**

**A. ÉVALUATION DES STOCKS DE POISSONS ET DE MAMMIFÈRES MARINS, ET RECHERCHES CONNEXES**

1. Évaluation du hareng et recherche connexe (sous-zone 4)  
*R. Stephenson*
2. Évaluation du hareng et recherche connexe (sous-zone 5)  
*G. Melvin*
3. Évaluation de l'aiglefin de 4TVW et recherche connexe  
*K. Zwanenburg*
4. Évaluation de l'aiglefin de 4X et recherche connexe  
*P. Hurley*
5. Évaluation de l'aiglefin de 5Z et recherche connexe  
*S. Gavaris*
6. Évaluation de la morue de 4Vn et recherche connexe  
*T. Lambert*
7. Évaluation de la morue de 4VsW et recherche connexe  
*R. Mohn*
8. Évaluation de la morue de 4X et recherche connexe  
*S. Campana (1992)*  
*S. Gavaris (1993)*
9. Évaluation de la morue de 5Ze et recherche connexe  
*J. Hunt*
10. Évaluation de la goberge et recherche connexe  
*C. Annand (1992)*  
*E. Trippel (1993)*
11. Évaluation du merlu argenté et recherche connexe  
*D. Waldron*
12. Évaluation du sébaste et recherche connexe  
*R. O'Boyle*
13. Évaluation des poissons plats et recherche connexe  
*C. Annand*
14. Études de la marge de la plateforme continentale et évaluation de l'argentine  
*R. Halliday*
15. Évaluation de la plie rouge et recherche connexe  
*F. Page*
16. Alimentation et dynamique

17. Écologie des populations de vers de phoque  
*W.D. Bowen*
18. Étude des populations de phoques  
*G. McClelland*
19. Écologie et évaluation des populations de phoques  
*W. Stobo*
20. Infrastructure de recherche sur les phoques  
*W.D. Bowen*
21. Études sur le phoque gris - Université Dalhousie  
*R. O'Boyle*
22. Études sur la gestion des pêches de poisson de fond  
*R. Halliday*
23. Programme national d'échantillonnage (poisson de fond)  
*K. Zwanenburg*
24. Recherche en gestion - Programme des observateurs internationaux (POI)  
*D. Waldron*
25. Campagne d'évaluation du poisson de fond au chalut  
*J. Hunt, R. Mohn*
26. Détermination de l'âge du poisson de fond  
*J. Hunt, C. Annand*
27. Études sur l'ichtyoplancton  
*P. Hurley*
28. Variabilité du recrutement dans les pêches  
*K. Frank*
29. Études sur les otolithes  
*S. Campana*
30. Expériences de marquage du poisson de fond  
*W. Stobo*
31. Manipulation des données océanographiques  
*J. McRuer, F. Page*
32. Évaluation des gros pélagiques et recherche connexe  
*J. Porter*
33. Campagnes d'évaluation acoustique du poisson pélagique  
*U. Buerkle*
34. Océanographie et distribution du poisson  
*F. Page*
35. Études sur la gestion des pêches

- de poisson pélagique  
*T. Iles*
36. Soutien en TED  
*R. Branton*
37. Conception des relevés et études biométriques  
*S. Smith*
38. Communication et recherche coopératives science-industrie sur le poisson de fond  
*P. Hurley*
39. Dynamique du processus de recrutement des gadidés du golfe du Maine  
*E. Trippel*
40. Écosystèmes des poissons de fond : résultats de recherche - données de relevés  
*D. Clark*
41. Études sur la structure des stocks  
*K. Zwanenburg*

**B. ÉVALUATION DES STOCKS D'INVERTÉBRÉS ET DE PLANTES MARINES, ET RECHERCHES CONNEXES**

1. Informatique  
*D. Swetnam*
2. Écologie des larves et évaluation du homard dans la ZPH 33  
*R. Miller*
3. Évaluation des pétoncles et recherche connexe  
*G. Robert*
4. Évaluation des palourdes de haute mer et recherche connexe  
*D. Roddick*
5. Recherche sur les pétoncles  
*E. Kenchington*
6. Évaluation des crustacés du Cap-Breton et recherche connexe  
*J. Tremblay*
7. Évaluation des plantes marines et recherche connexe  
*G. Sharp*
8. Évaluation des stocks de homard des ZPH 34 et 41, et recherche connexe.  
*D. Pezzack*
9. Recherche sur l'habitat du homard  
*R. Miller, J. Tremblay, P. Koeller*
10. Homard - Science de la ressource et évaluation - ZPH 31 et 32  
*P. Koeller*
11. Évaluation des stocks de moules

sauvages et recherche connexe

*G. Sharp*

12. Cartes des ressources et projets spéciaux  
*G. Black*
13. Homard - Science de la ressource - Écologie des larves  
*G. Harding, J. Pringle*
14. Dynamique et évaluation de la population de pétoncles de la baie de Fundy  
*S. Robinson*
15. Évaluation des stocks de homard (ZPH 35, 36 et 38)  
*P. Lawton*
16. Dynamique et écologie de la population de homards de la baie de Fundy  
*P. Lawton*
17. Biologie de la reproduction chez les invertébrés  
*S. Waddy*
18. Potentiel des espèces d'invertébrés sous-exploitées  
*S. Robinson, P. Lawton*
19. Biologie du homard  
*D. Aiken*
20. Recherche sur les pêcheries de myes  
*S. Robinson*

#### **C. ÉVALUATION DES STOCKS D'ESPÈCES ANADROMES, MISE EN VALEUR DU SAUMON ET RECHERCHES CONNEXES**

1. Évaluation du saumon  
*T.L. Marshall*
2. Évaluation des espèces autres que les salmonidés  
*B. Jessop*
3. Mise en valeur du saumon  
*R. Cutting*
4. Mise en valeur et technique des passes migratoires  
*H. Jansen*
5. Ingénierie de la pisciculture  
*H. Jansen*
6. Implantations et transferts de poissons et d'invertébrés  
*R. Cutting*
7. Fonctionnement et production des écloséries  
*G. Farmer*
8. Recherche sur la pisciculture  
*G. Farmer*
9. Collecte et analyse de statistiques sur les espèces

anadromes

*S. O'Neil*

#### **D. RECHERCHE EN AQUICULTURE**

1. Programme de recherche en génétique du saumon  
*W. Watson-Wright*
2. Croissance, smoltification et reproduction des salmonidés  
*R. L. Saunders*
3. Aquiculture des poissons de mer  
*K. Waiwood*
4. Besoins environnementaux des poissons aux premiers stades de leur développement  
*R. Peterson*
5. Recherche sur les invertébrés et aquiculture d'invertébrés  
*D. Aiken*
6. Nutrition des invertébrés  
*J. Castell*
7. Nutrition du poisson  
*S. Lall*
8. Recherche en ichthyopathologie  
*G. Olivier*
9. Parasitologie  
*C. Morrison*
10. Culture des mollusques et recherches sur les phytotoxines  
*D. Scarratt*
11. Unité des services de santé du poisson  
*J. Cornick*

#### **E. OCÉANOGRAPHIE BIOLOGIQUE**

1. Propriétés bio-optiques des eaux pélagiques  
*T. Platt*
2. Dynamique des matières nutritives : effets sur la production primaire, sur le climat du globe et sur les pêches  
*W. Harrison*
3. Océanographie physique de certaines entités dans le cadre des travaux d'écologie marine  
*E. Horne*
4. Productivité des micro-organismes marins  
*W. Li*
5. Bioxyde de carbone et climat : cycles biogéochimiques dans l'océan  
*T. Platt*
6. Analyse de la structure de

l'écosystème pélagique

*A.R. Longhurst*

7. Utilisation du carbone et de l'azote par le zooplancton et facteurs régissant la production secondaire  
*R. Conover*
8. Production secondaire et distribution dynamique du micronecton sur la plate-forme néo-écossaise  
*D. Sameoto*
9. Stratification biologique dans l'océan et flux global de carbone  
*A. Longhurst*
10. Rôle des copépodes dans les flux verticaux de carbone et de pigments dans l'océan  
*E. Head*
11. Étude annuelle permanente du plancton dans l'Arctique.  
*R. Conover*
12. Études à terre des communautés de plancton épontique et pélagique situées sous la glace  
*R. Conover*
13. Études effectuées à bord de navires en été dans l'est de l'Arctique canadien  
*E. Head*
14. Métabolisme des microbes, coagulation et carbone organique dissous  
*P. Kepkay*
15. Modèles mathématiques de communautés pélagiques marines  
*G. White*

#### **F. RECHERCHES SUR L'HABITAT**

1. Conseils sur l'évaluation de l'habitat du poisson  
*D.C. Gordon*
2. Écologie des microbes  
*J.E. Stewart*
3. Interactions entre les microbes et les toxines marines  
*J.E. Stewart*
4. Écologie physiologique des algues toxiques  
*S.R.V. Durvasula*
5. Interactions biologiques et physiques dans les habitats côtiers  
*K.H. Mann*
6. Études sur les habitats



- benthiques  
*T.W. Rowell*
7. Études sur l'habitat du pétoncle  
*P. Cranford*
  8. Études sur l'habitat du zooplancton  
*G.C. Harding*
  9. Étude du phytoplancton  
*P.D. Keizer*
  10. Interactions environnementales avec l'aquiculture  
*P.D. Keizer*
  11. Bioénergétique des mammifères marins  
*P.F. Brodie*
  12. Cartographie de l'habitat  
*P.F. Boudreau*
  13. Processus reliés à la grandeur et phénomènes bioénergétiques dans les habitats de production du poisson  
*S.R. Kerr*
  14. Évaluation des habitats des estuaires et de la plate-forme continentale  
*W.L. Silvert*
  15. Flux de contaminants dans les réseaux trophiques marins  
*B.T. Hargrave*
  16. Les organochlorés dans les réseaux trophiques benthiques de l'océan  
*B.T. Hargrave*
  17. Soutien en matière d'instruments  
*W.P. Wass*
  18. Recherche sur les pluies acides (Nouvelle-Écosse)  
*W. Watt*
  19. Évaluation de l'habitat des poissons d'eau douce et recherche connexe  
*W. Watt*
  20. Recherche sur les phytotoxines  
*D. Wildish*
  21. Effet des programmes de lutte contre les pluies acides sur le rétablissement des stocks de salmonidés  
*G.L. Lacroix*
  22. Recherche en écologie de l'aquiculture  
*D. Wildish*

**ENVIRONNEMENT  
CANADA  
RÉGION DE  
L'ATLANTIQUE**

**LABORATOIRE DE RECHERCHE SUR LA QUALITÉ DE L'ENVIRONNEMENT, IOB**

1. Conception d'un test de toxicité sublétales chronique des sédiments fondé sur les polychètes estuariens et marins  
*P. Pocklington, K. Doe, S. Wade, A. Huybers*
2. Surveillance des contaminants dans les secteurs coquilliers canadiens  
*J. Machell, P. Hennigar, H. Li, O. Vaidya, W. Horne*
3. Toxicité aquatique et impact environnemental des écoulements de percolat provenant des décharges contrôlées  
*L. Rutherford, K. Doe, W. Horne, S. Wade*
4. Surveillance des contaminants dans les moules du golfe du Maine  
*J. Machell, P. Hennigar, H. Li*
5. Évaluation environnementale des sédiments de la Miramichi  
*G. Lindsay, K. Doe, R. Parker*
6. Déversements dans le milieu : Identification et appariement des hydrocarbures  
*P.A. Hennigar*
7. Surveillance des sites d'immersion en mer  
*K. Tay, K. Doe, D. Vaughan, S. Wade*
8. Conformité aux exigences en matière d'émissions industrielles (Loi sur les pêches et Loi canadienne sur la protection de l'environnement)  
*O. Vaidya, P. Hennigar, K. Doe*
9. Test sur la toxicité des agents de nettoyage des déversements d'hydrocarbure  
*A. Huybers, K. Doe*
10. Études de surveillance des produits en aérosol contenant des chlorofluorocarbures et des pigments de peinture contenant des PCB  
*J. Bamwoya, P. Hennigar, B. MacDonald*
11. Étude interlaboratoires sur le développement d'une épreuve biologique de fertilisation des oursins

- K. Doe, S. Wade, A. Huybers*
12. Toxicité aigüe et chronique du thiophanate-méthyl pour le poisson, les invertébrés et les bactéries.  
*S. Wade, K. Doe.*

**DIVISION DE LA CONSERVATION DE LA FAUNE MARINE (SERVICE CANADIEN DE LA FAUNE)**

**A. DISTRIBUTION ET ÉCOLOGIE DES OISEAUX DE MER DANS LE CANADA ATLANTIQUE ET DANS L'EST DE L'ARCTIQUE CANADIEN**

1. Distribution et tendances de la population d'oiseaux de mer dans le Canada atlantique (goélands et sternes)  
*A.R. Lock*
2. Impacts de la pollution marine sur les oiseaux de mer  
*A.R. Lock*
3. Répertoire des oiseaux de mer du Canada atlantique : atlas de la vulnérabilité des oiseaux de mer à la pollution.  
*A.R. Lock, R.G.B. Brown, S.H. Gerriets*
4. Programme de surveillance des populations d'oiseaux de mer : Questions nationales et priorités des programmes 1994-2004  
*D.N. Nettleship*
5. Répertoire des colonies d'oiseaux de mer - Système informatisé de gestion de base de données pour les oiseaux de mer nichant en colonies dans l'est du Canada  
*D. N. Nettleship, G.N. Glenn*
6. Répertoire des oiseaux de mer du nord-est de l'Amérique du Nord : I - Colonies d'oiseaux de mer du Labrador  
*D.N. Nettleship, G.N. Glenn*
7. Répertoire des oiseaux de mer du nord-est de l'Amérique du Nord : II - Colonies d'oiseaux de mer du Canada arctique  
*D.N. Nettleship, A.J. Gaston, G. Chapdelaine*
8. Répertoire des oiseaux de mer du nord-est de l'Amérique du Nord : III - Colonies d'oiseaux de mer

- de Terre-Neuve  
*D.N. Nettleship, W. Montevecchi et al*
9. Distribution et abondance des oiseaux de mer nicheurs dans le nord-est de l'Amérique du Nord  
*D.N. Nettleship*
  10. Élaboration de méthodes de gestion des populations d'oiseaux de mer menacées de disparition  
*D.N. Nettleship*
  11. Les oiseaux de mer comme indicateurs des changements survenant dans le milieu marin et interactions des oiseaux de mer avec les pêches commerciales  
*D.N. Nettleship*
  12. Marmettes de Brunnich (*Uria lomvia*) dans l'Arctique canadien, au Groenland, en Islande et à Spitsbergen : situation, changements récents et gestion  
*D.N. Nettleship, G. Chapdelaine, A. Gaston, K. Kampp, F. Mehlum, A. Petersen*
  13. Modélisation des effets de la chasse sur les marmettes de Brunnich (*Uria lomvia*) qui nichent dans l'est du Canada et dans l'ouest du Groenland  
*D.N. Nettleship, J.W. Chardine*
  14. Les oiseaux de mer des îles : menaces, études de cas et plans d'action  
*D.N. Nettleship, J. Burger, M. Gochfeld*
  15. Étude des populations d'alcidés de l'île Machias Seal (N.-B.)  
*D.N. Nettleship*
  16. Réinsertion du macareux moine (*Fratercula arctica*) dans ses anciens lieux de nichage du Maine  
*D.N. Nettleship, S. Kress*

#### **B. ÉTUDES SUR LA PRODUCTIVITÉ DES HABITATS DES OISEAUX AQUATIQUES**

1. Coordination des études de TGDPA à Kejimikujik (surveillance intégrée)  
*J. Kerekes*
2. Étude des oiseaux piscivores dans les bassins hydrographiques

- de Kejimikujik  
*J. Kerekes*
3. Conception d'un recensement volontaire des populations de huard dans les provinces de l'Atlantique  
*J. Kerekes*
  4. Effets de la fertilisation sur les marais acides  
*J. Kerekes, M. Brylinsky*
  5. Utilisation des habitats par les populations hivernales d'oiseaux aquatiques dans les lagunes côtières du Mexique  
*J. Kerekes, F. Contreras, R. Acuna*

### **MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES DU CANADA**

#### **CENTRE GÉOSCIENTIFIQUE DE L'ATLANTIQUE**

##### **A. PROGRAMME DE GÉOLOGIE CÔTIÈRE**

1. Géotechnique de la zone côtière de la mer de Beaufort  
*S. Solomon*
2. Cartographie géologique de la zone côtière  
*R. Taylor*
3. Dynamique des sédiments et processus de dépôt dans la zone côtière  
*D. Forbes*
4. Changements relatifs du niveau de la mer et répercussions sur les côtes  
*J. Shaw*
5. Sédiments et minéraux non combustibles de la zone semi-hauturière - MDA 2 Nouvelle-Écosse  
*G. Fader*
6. Transfert des sédiments du continent vers la plate-forme continentale (SEDFLUX)  
*J. Syvitski*
7. Études sur le delta Fraser  
*H. Christian*

##### **B. GÉOLOGIE DU SUD-EST DE LA MARGE CANADIENNE**

1. Géologie du substrat rocheux et

- des dépôts meubles des Grands Bancs de Terre-Neuve et de la plate-forme néo-écossaise  
*G. Fader*
2. Aspects techniques de la géologie de la plate-forme continentale de l'Atlantique  
*R. Parrott*
  3. Affouillement des plates-formes continentales par les glaces  
*M. Lewis*
  4. Étude des propriétés physiques des plates-formes et des talus continentaux de l'est et de l'Arctique canadiens  
*K. Moran*
  5. Processus géologiques du quaternaire sur les talus continentaux  
*D. Piper*
  6. Stabilité et transport des sédiments sur les plates-formes continentales  
*C.L. Amos*

##### **C. GÉOLOGIE DE L'EST DE L'ARCTIQUE ET DU SUBARCTIQUE**

1. Programme de cartographie géologique du substrat rocheux et des dépôts meubles dans l'est de la plate-forme de l'île de Baffin et dans le détroit d'Hudson  
*B. MacLean*
2. Paléo-écologie quantitative du quaternaire dans l'est du Canada  
*P. Mudie*
3. Géologie superficielle, géomorphologie et glaciologie du golfe du Saint-Laurent, de la plate-forme du Labrador et de la baie d'Hudson  
*H. Josenhans*

##### **D. GÉOLOGIE DE L'ARCTIQUE OCCIDENTAL**

1. Géologie et géomorphologie des dépôts meubles - plate-forme continentale de la mer de Beaufort  
*S. Blasco*

##### **E. GÉOCHIMIE**

1. Diagenèse et cycles géochimiques  
*R. Cranston*

2. Début de la diagenèse dans les sédiments marins du quaternaire de l'est et de l'Arctique canadiens

*D. Buckley*

3. Géologie de l'environnement marin de l'anse et des approches de Halifax

*D. Buckley*

#### **F. LEVÉS DE GÉOPHYSIQUE RÉGIONAUX**

1. Interprétation des données sur les champs potentiels

*J. Verhoef*

2. Anomalies magnétiques et gravitationnelles dans les bassins sédimentaires

*B. Loncarevic*

3. Compilations de données magnétiques

*R. Macnab*

4. Géophysique régionale du mésozoïque cénozoïque de la marge de Terre-Neuve

*K. Coflin*

5. Évolution des marges continentales

*G. Bassi*

#### **G. ÉVALUATION DES RESSOURCES D'HYDROCARBURES**

1. Inventaire des hydrocarbures des bassins sédimentaires de l'est canadien

*D. McAlpine*

2. Études de maturation

*D. McAlpine*

#### **H. BIOSTRATIGRAPHIE**

1. Zonation biostratigraphique (foraminifères, ostracodes) des roches mésozoïques et cénozoïques de la plate-forme de l'Atlantique

*P. Ascoli*

2. Stratigraphie quantitative en paléo-océanographie et dans l'analyse des bassins pétroliers

*F. Gradstein*

#### **I. BASES DE DONNÉES QUANTITATIVES**

1. Versement des échantillons et des données aux archives

*I. Hardy*

#### **J. PROGRÈS EN TECHNOLOGIE GÉOLOGIQUE**

1. Conception d'un carottier à piston de grand diamètre

*W. McKinnon*

2. Conception et mise en oeuvre de techniques d'exploitation de véhicules télécommandés

*K. Manchester*

3. Conception de systèmes

*D. Heffler*

#### **K. TRAVAUX GÉOLOGIQUES SPÉCIAUX**

1. Atlas des bassins du large de l'est canadien

*D. McAlpine*

2. Géologie du substrat rocheux de la baie d'Hudson et du golfe du Saint-Laurent

*A. Grant*

3. Programme relatif aux Appalaches

*P. Giles*

#### **L. ÉTUDE DES STRUCTURES GÉOLOGIQUES PROFONDES**

1. Évolution des eaux profondes et des bassins sédimentaires adjacents au large de l'est du Canada et à l'ouest du Groenland

*S. Srivastava*

2. Propriétés de l'écorce

*M. Salisbury*

3. Étude géophysique de la région du golfe du Saint-Laurent

*F. Marillier*

4. Études de sismique-réflexion marine profonde au large de l'est du Canada

*C.E. Keen*

5. Sismique-réfraction dans la mer du Labrador et la baie de Baffin

*R. Jackson*

6. Modélisation dynamique des bassins cratoniques - Bassins d'Hudson et de l'ouest du Canada

*R. Courtney*

#### **M. MODÉLISATION GÉOPHYSIQUE THÉORIQUE**

1. Processus d'accrétion et développement des marges continentales passives

*C.E. Keen*

#### **N. ANALYSE DE BASSINS ET GÉOLOGIE DU PÉTROLE**

1. Atlas palynostratigraphiques

*R. Fensome*

2. Géologie régionale des roches mésozoïques et cénozoïques des marges continentales de l'Atlantique

*J. Wade*

3. Stratigraphie et sédimentologie des roches mésozoïques et tertiaires de la marge continentale de l'Atlantique

*L. Jansa*

4. Évolution des bassins sédimentaires de la marge continentale de Terre-Neuve, du Labrador et de la baie de Baffin

*D. McAlpine*

5. Modélisation des hydrocarbures au large de l'est du Canada

*M. Williamson*

# Missions des navires

---

La présente partie comporte une description des navires que le ministère des Pêches et des Océans, région de Scotia-Fundy, exploite à des fins de recherche scientifique et de levés hydrographiques. Elle énumère également les missions et les recherches entreprises par ces navires en 1992 et 1993. Il y est aussi fait état des missions effectuées à bord de bateaux non exploités par le Ministère, mais auxquelles des scientifiques de la région de Scotia-Fundy du MPO ou du Centre géoscientifique de l'Atlantique de Ressources naturelles Canada ont participé.

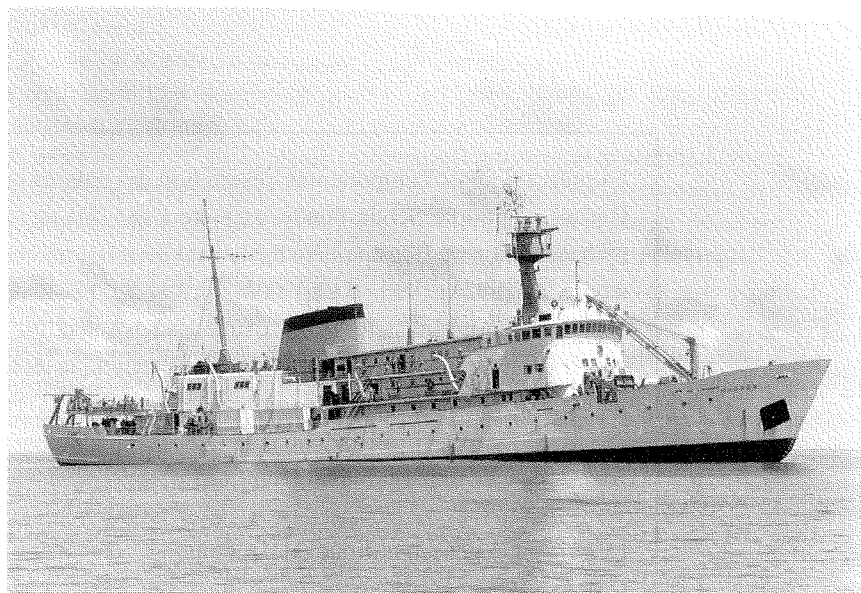
On y utilise les abréviations suivantes :

CGA Centre géoscientifique de l'Atlantique  
CM Courantomètre sous-marin ancré  
COI Commission océanique intergouvernementale  
CTP Profileur de conductivité-température-profondeur  
DPH Direction des pêches et de l'habitat, région de Scotia-Fundy  
DSB Direction des sciences biologiques, région de Scotia-Fundy  
DSPC Direction des sciences physiques et chimiques, région de Scotia-Fundy  
GOLFE Région du Golfe du ministère des Pêches et des Océans  
INRS Institut de recherche scientifique  
JGOFS Étude commune des flux océaniques à l'échelle du globe  
MU Memorial University (Terre-Neuve.)  
OPANO Organisation des pêches de l'Atlantique nord-ouest  
PCDA Profileur de courant Doppler acoustique  
PSMN Programme scientifique sur la morue du Nord  
QUÉ. Région du Québec du ministère des Pêches et des Océans  
RSO Radar à synthèse d'ouverture  
SHC Service hydrographique du Canada, Direction de l'hydrographie  
T.-N. Région de Terre-Neuve du ministère des Pêches et des Océans  
TTS Triangulation et télémétrie par le son  
WOCE Expérience sur la circulation océanique mondiale

**N.S.C. HUDSON**

Le N.S.C. Hudson est un navire à propulsion diesel-électrique conçu et utilisé pour des activités pluridisciplinaires de recherche océanologique. Il appartient au MPO et est exploité par la région de Scotia-Fundy du Ministère. Il est couramment utilisé par le Centre géoscientifique de l'Atlantique, du ministère des Ressources naturelles du Canada.

- Coque.....classe Lloyds Ice I
- Construit en.....1962
- Longueur....90,4 m
- Largeur.....15,2 m
- Tirant d'eau.....6,3 m
- Distance du franc-bord au pont de travail.....3,2 m
- Déplacement.....4 847 tonnes
- Jauge brute.....3 721 tonnes
- Vitesse maximale.....17 noeuds
- Vitesse de croisière.....13 noeuds
- Autonomie.....80 jours
- Distance franchissable à la vitesse de croisière  
.....23 000 milles marins
- Équipe scientifique.....31 personnes
- Deux hélices
- Propulseur d'étrave pour le maintien de la position
- Système informatique
- Plate-forme et hangar à hélicoptère
- 205 m2 de superficie de laboratoire
- Quatre vedettes hydrographiques



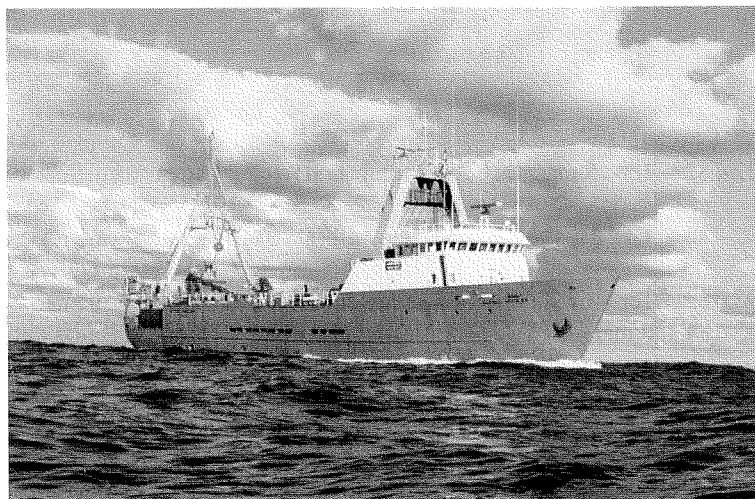
Année et Numéro de la Mission	Dates	Chef de Mission	Lieu	Objectif
1992 91-61	24 févr.-18 mars	C. Tang (DSPC)	Nord-est de la plate-forme de Terre-Neuve	Étude de la marge glaciaire
92-01	6-16 avril	C. Amos (CGA)	Banc Georges	Géophysique
92-03	21 avril-1er mai	D. Buckley (CGA)	Plate-forme néo-écossaise	Géologie - essais de carottier à piston
92-10	8-25 mai	P. Smith, F. Dobson et G. Fowler (DSPC)	Grands Bancs de Terre-Neuve, Hibernia	Physique - Mouillage de CM, transects CTP
92-14	27 mai-15 juin	J. Lazier (DSPC)	Mer du Labrador	Physique
92-22	29 juin-31 juill.	S. Srivastava (CGA)	Bonnet Flamand	Géologie
92-28	5 août-12 sept.	C. Amos, B. MacLean (CGA)	Baie d'Hudson/ Rivière Great Whale	Écogéologie
92-37	16 sept.-21 oct.	W. Harrison (DSB)	Bassin du Maroc, Afrique	Océanographie biologique (JGOFS)
92-45	26 oct.-20 nov.	R. Hesse (McGill), A. Aks (MU)	Pente et seuil du Labrador, Bonnet Flamand	Études de sismique-réflexion, carottage
92-50	24 nov.-4 déc.	G. Bugden (DSPC)	Golfe du Saint-Laurent	Étude annuelle de prévision des glaces
92-51	6-18 déc.	B. Klein (Qué.)	Golfe du Saint-Laurent	JGOFS - Étude du plancton
1993 92-53	24 avril-13 mai	N. Oakey (DSPC)	Bassin des Canaries	Physique (WOCE)
93-02	18 mai-8 juin	W.G. Harrison (DSB)	Nord-Ouest africain	Études de productivité, biomasse planctonique (JGOFS)
93-16	10-16 juin	C. Amos (CGA)	Banc de l'île de Sable	Stabilité des sédiments du plancher océanique
93-19	17-29 juin	J. Lazier (DSPC)	Banc Hamilton, mer du Labrador	Océanographie physique - mouillage de PCDA, transects CTP
93-25	16 juill.-7 août	R. Hesse (McGill) D. Piper (CGA)	Mer du Labrador	Géologie
93-27	8 août-2 sept.	P. Yeats (DSPC)	Mer du Groenland	Chimie : (étude de référence pour la COI)

Année et Numéro de la Mission	Dates	Chef de Mission	Lieu	Objectif
93-30	3-17 sept.	J. Syvitsky (CGA)	Est du Groenland/plate-forme de l'ouest de l'Islande	Géologie et géophysique
93-34	17 oct.-8 nov.	B. MacLean B. Loncarevic (CGA)	Baie d'Ungava/ détroit d'Hudson	Géologie
93-39	15 nov.-17 déc.	A. Clarke (DSPC)	Courant du Labrador, Gulf Stream	Physique (WOCE) - Mise à l'eau d'un RSO flottant

### N.S.C. ALFRED NEEDLER

Le Alfred Needler est un chalutier arrière à propulsion diesel qui appartient au MPO. Il est exploité par la région de Scotia-Fundy du Ministère, qui l'utilise pour la recherche halieutique, y compris les études acoustiques, la recherche sur l'écologie des poissons juvéniles et les études de recrutement.

Coque.....acier  
 Construit en.....1982  
 Longueur.....50,3 m  
 Largeur.....11 m  
 Tirant d'eau.....4,8 m  
 Distance du franc-bord au pont de travail.....2,5 m  
 Déplacement.....877 tonnes  
 Jauge brute.....925 tonnes  
 Vitesse maximale.....13,5 noeuds  
 Vitesse de croisière.....12 noeuds  
 Autonomie.....30 jours  
 Distance franchissable à la vitesse de croisière  
 .....3 000 milles marins  
 Équipe scientifique.....10 personnes



Année et Numéro de la Mission	Dates	Chef de Mission	Lieu	Objectif
<b>1992</b>				
91-163a	2-5 janv.	D. Sameoto	Chenal Fundian/bassin Jordan	Traits de plancton
91-163	6-18 janv.	U. Buerkle (DSB)	Baie de Chedabucto	Relevé acoustique sur le hareng
91-164	10-15 févr.	M. Showell (DSB)	Plate-forme néo-écossaise	Formation des observateurs
91-165	18 févr.-10 mars	M.I. Buzeta (DSB)	Banc Georges, 5Z OPANO	Relevé de recherche sur le poisson de fond, échantillonnage de tissus de morue et d'aiglefin
91-166	13-23 mars	W.J. MacEachern (DSB)	Est de la plate-forme néo-écossaise - 4Vs, 4VW	Relevé de recherche sur la morue et l'aiglefin
92-167a	29-30 mars	M.A. Showell (DSB)	Plate-forme néo-écossaise	Formation des observateurs
92-167	10-16 avril	A.J. Hartling (DSPC)	Grands Bancs de Terre-Neuve	Récupération de PCDA, physique (RSO)
92-168	23 avr.-1er mai	D. D'Amour (Qué.)	Baie St. Georges, golfe du Saint-Laurent (4RS)	Repérage acoustique de morue et de plancton
92-169	2-16 mai	J. Gagné (Qué.)	Région de l'île d'Anticosti, passage Jacques Cartier	Relevé de recherche sur la morue et le hareng adultes et juvéniles
92-170	19 mai-3 juin	J. Morgan (T.-N.)	Grands Bancs de Terre-Neuve, 3L OPANO	Effets du chalutage sur le frai de la morue (PSMN)
92-171	4-9 juin	G. McClelland (DSB)	Banc de l'île de Sable	Étude des larves du ver de phoque
92-172	10-21 juin	J.-F. St. Pierre (Qué.)	4RS OPANO/Chenal Esquiman	Études des larves du sébaste et de la morue

## Missions des navires

Année et Numéro de la Mission	Dates	Chef de Mission	Lieu	Objectif
92-173	22 juin - 5 juill.	J. Hunt (DSB)	Plate-forme néo-écossaise 4VWX, 5Z	Relevé de recherche au chalut sur le poisson de fond
92-174	6-18 juill.	S. Smith (DSB)	Plate-forme néo-écossaise 4VWX	Relevé de recherche au chalut sur le poisson de fond
92-176	31 juill.-9 août	G. Chouinard (Golfe)	Golfe du Saint-Laurent	Recherches comparatives sur la morue
92-177	10 août-4 sept.	B. Morin/ S. Hurtubise (Qué.)	Nord-est du golfe du Saint-Laurent	Relevé de recherche sur l'abondance de la crevette et du sébaste
92-178	5-25 sept.	D. Swain (Golfe)	Sud du golfe du Saint-Laurent	Relevé de recherche sur le poisson de fond
92-179	27 sept.-6 oct.	D. Marcogliese (Qué.)	Laurent	Étude du ver de phoque
92-180	8-19 oct.	J. Gagné (Qué.)	Golfe du Saint-Laurent Anticosti/détroit de Belle-Isle	Relevé de recherche sur la morue et le hareng juvénile
92-181	19 nov.-6 déc.	E. Dalley (T.-N.)	3KL OPANO	Relevé de recherche sur la morue du Nord juvénile démersale
1993				
92-181	8-26 févr.	J. Hunt (DSB)	Banc Georges	Relevé de recherche sur le poisson de fond
92-182	1er-15 mars	R. Mohn (DSB)	Plate-forme néo-écossaise, 4VsW	Relevé de recherche sur le poisson de fond
92-183	17-22 mars	M. Showell (DSB)	Plate-forme néo-écossaise (Western Gully)	Formation des observateurs
93-183	1er-8 avril	M. Showell (DSB)	Plate-forme néo-écossaise	Essais de chalut
93-184	6 mai	J. Dalziel (DSPC)	Port de Halifax et ses approches	Chimie
93-185	8-16 mai	K. Juniper (DAL)	Plate-forme néo-écossaise (bassin Émeraude)	JFOFS, géologie (carottes rectangulaires)
93-186	17-29 mai	D. Waldron (DSB)	Plate-forme néo-écossaise	Relevé de recherche sur le merlu argenté, étude du comportement des engins
93-187	29 mai-10 juin	J. Morgan (T.-N.)	Est de la plate-forme de Terre-Neuve	Chalutage d'oeufs de morue (PSMN)
93-188	28-30 juin	J. McRuer (DSB)	Plate-forme néo-écossaise	Essais d'engin
93-189	5-16 juill.	J. Hunt (DSB)	Ouest de la plate-forme néo-écossaise	Relevé de recherche sur le poisson de fond
93-190	19 juill.-1er août	S.J. Smith (DSB)	Est de la plate-forme néo-écossaise	Relevé de recherche sur le poisson de fond
93-191	3-12 août	G. McLelland (DSB)	Plate-forme néo-écossaise (4X, 4W), plate-forme du Cap-Breton	Étude du ver de phoque
93-191a	16 août-9 sept.	L. Savard/ B. Morin (Qué.)	Nord du golfe du Saint-Laurent	Relevé de recherche sur l'abondance de la crevette et du poisson de fond
93-192	10-29 sept.	D. Swain (Golfe)	Sud du golfe du Saint-Laurent	Relevé de recherche sur le poisson de fond
93-193	30 sept.-22 oct.	C. Leblanc (Golfe)	Sud du golfe du Saint-Laurent	Relevé acoustique sur le hareng
93-194	23 oct.-10 nov.	M. Showell (DSB)	Plate-forme néo-écossaise,	URSS/Woods Hole?
93-195	12-26 nov.	G. Melvin (DSB)	banc de Brown Banc Georges	Réapparition du hareng

**N.S.C. MATTHEW**

Le N.S.C. Matthew est un navire scientifique pluridisciplinaire utilisé essentiellement par le Service hydrographique du Canada. Il appartient au MPO et est exploité par la région de Scotia-Fundy du Ministère.

Coque.....acier  
 Construit en.....1990  
 Longueur.....51,2 m  
 Largeur.....10,5 m  
 Tirant d'eau.....3,2 m  
 Distance du franc-bord au pont de travail.....1,1 m  
 Déplacement.....745 tonnes  
 Jauge brute.....857 tonnes  
 Vitesse maximale.....12 noeuds  
 Vitesse de croisière.....10 noeuds  
 Autonomie.....20 jours  
 Distance franchissable à la vitesse de croisière  
 .....4 000 milles marins  
 Équipe scientifique.....7 personnes  
 EM100  
 Pilotage automatique  
 Divers systèmes de positionnement



Année et Numéro de la Mission	Dates	Chef de Mission	Lieu	Objectif
<b>1992</b>				
92-08	5-15 mai	G. Costello (SHC)	Port et approches de Halifax	Levé de vérification
92-08	19-29 mai	G. Costello (SHC)	Port et approches de Halifax	Levé de vérification
92-08	15-26 juin	G. Costello (SHC)	Port et approches de Halifax	Levé de vérification
92-25	13 juill.-25 oct.	J. Goodyear (SHC)	Baie Notre Dame	Hydrographie - Terre-Neuve
	29 oct.-5 nov.	J. Shaw (CGA)	Baie d'Espoir	Géologie
92-54	12-24 nov.	B. Loncarevic (CGA)	Port de Halifax	Levé au sonar latéral et évaluation de matériel
<b>1993</b>				
93-07	10 mai-10 juin	G. Henderson (SHC)	Côtes ouest et sud de Terre-Neuve	Mesures hydrographiques
93-53	28 juin-16 juill.	B. Loncarevic (CGA)	Sud de la plate-forme de Terre-Neuve	Évaluation de la compensation du roulis sur les échosondeurs multifaisceaux
93-23	19-23 juill.	C.H. Sterling (SHC)	Baie Notre Dame, côte du Labrador	Hydrographie
93-23	26 juill.-3 sept.	C.H. Sterling (SHC)	Nain, côte du Labrador	Cartographie
93-51	7 sept.-29 oct.	SHC	Baie Notre Dame et baie de Bonavista	Cartographie



**N.S.C. PARIZEAU**

Le N.S.C. Parizeau est un navire à propulsion diesel conçu et utilisé pour des activités pluridisciplinaires comprenant des recherches océanographiques, des levés hydrographiques et la manipulation des mouillages d'instruments en eau profonde et sur les hauts-fonds. Il appartient au MPO et est exploité par la région de Scotia-Fundy du Ministère.

Coque.....acier  
 Construit en.....1967  
 Longueur.....64,6 m  
 Largeur.....12,2 m  
 Tirant d'eau.....4,6 m  
 Distance du franc-bord au pont de travail.....1,5 m  
 Déplacement.....2 047,6 tonnes  
 Jauge brute.....1 359,5 tonnes  
 Vitesse maximale.....14 noeuds  
 Vitesse de croisière.....12 noeuds  
 Autonomie.....45 jours  
 Distance franchissable à la vitesse de croisière  
 .....11 000 milles marins  
 Équipe scientifique.....13 personnes  
 Deux hélices à pas variable  
 Propulseur d'étrave pour le maintien de la position  
 Salle d'informatique  
 Plate-forme et hangar à hélicoptère  
 65 m2 de superficie de laboratoire



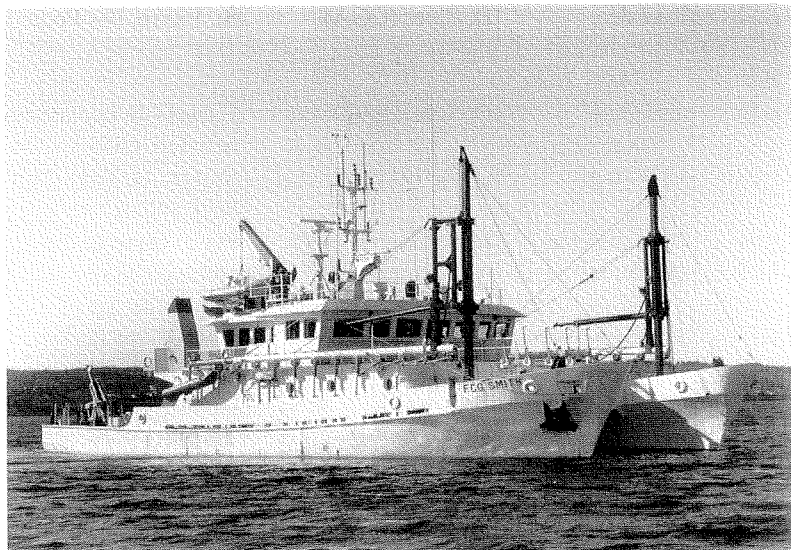
Année et Numéro de la Mission	Dates	Chef de Mission	Lieu	Objectif
<b>1992</b>				
92-04	23-30 avril	M. Mitchell (DSPC)	Golfe du Maine/Plate-forme néo-écossaise	Globec
92-06	2-13 mai	P. Parrott (CGA)	Chenaux Laurentien et Avalon	Géophysique
92-13	24 mai-8 juin	S. Narayanan (T.-N.)	Mer du Labrador, N.-E. de la plate-forme de Terre-Neuve	Physique - Transects CTP et PCDA
92-11	9-18 juin	E. Colbourne	Baie de Bonavista	Étude océanographique sur la morue et le capelan
92-18	20-24 juin	N. Oakey (DSPC)	Bassin Émeraude	Physique - Essai d'équipement de structure fine
92-20	25 juin-3 juill.	R. Wroblewski (MU)	Baie de Bonavista	Localisation de morue
92-23	6-24 juill.	S. Narayanan (T.-N.)	Mer du Labrador	Physique - Mouillage de CM, transects CTP
92-29	10-17 août	J. Hamilton (DSPC)	Banc Georges	Localisation de particules et mouillages de CM
92-31	19-29 août	D. McKeown (DSPC)	Plate-forme néo-écossaise	Essais d'engin
92-34	1er-13 sept.	T. Rowell (DSB) P. Schwinghamer (T.-N.)	Grands Bancs de Terre-Neuve/plate-forme	Étude des effets du chalutage
92-36	15-22 sept.	E. Colbourne (T.-N.)	Baie de Bonavista	Étude de physique sur la morue et le capelan
92-39	23 sept.-2 oct.	B. deYoung (MU)	Nord-est de Terre-Neuve	Physique
92-42	3-15 oct.	D. Forbes (CGA)	Baie d'Espoir, côte nord-est de Terre-Neuve	Géologie; sédimentation des côtes sud et nord-est de Terre-Neuve
92-43	16 oct.-1er nov.	S. Narayanan (T.-N.)	Sud de la mer du Labrador, N.-E. de Terre-Neuve	Physique - mouillage de CM; transects CTP et PCDA
92-47	6-20 nov.	A. Herman (DSPC), D. Sameotos	Bassin Émeraude, golfe du Maine	Remorquage du BIONESS, acoustique multifréquences
92-49	23 nov.-1er déc.	G. Melvin (DSB)	Banc Georges	Réapparition du hareng - Chalutage et prélèvement de plancton
92-55	2-3 déc.	J. Hamilton (DSPC)	Approches du port de Halifax	Essais d'engin

Année et Numéro de la Mission	Dates	Chef de Mission	Lieu	Objectif
92-52 1993	7-17 déc.	D. Piper (CGA)	St. Pierre, îles Fogo	Mont sous-marin - cartographie géophysique-sismique
92-56	6-11 janv.	D. Sameoto (DSB)	Bassins de la plate-forme néo-écossaise	Relevé acoustique et prélèvement de zooplancton
93-09	13-25 avril	D. Deibel (MU)	Sud-est de Terre-Neuve, banc Whale	JGOFS - études de fluorescence
93-04 93-10	26 avril-6 mai 10-25 mai	E. Colbourne (T.-N.) A. Herman, J. Hamilton (DSPC)	Plate-forme de Terre-Neuve Golfe du Maine, Bassin Émeraude	Physique - CTP et PCDA Globec, remorquage du BATFISH
93-13 93-18 93-21	31 mai-12 juin 16-25 juin 28 juin-16 juill.	E. Colbourne (T.-N.) D. McKeown (DSPC) T. Rowell, Shwinghamer (DSB)	Plate-forme de Terre-Neuve Plate-forme néo-écossaise Grands Bancs de Terre-Neuve et plate-forme néo-écossaise	Physique Essais de matériel Effets du chalutage
93-26 93-29 93-31	3-17 août 4-21 sept. 23 sept.-2 oct.	D. Piper (CGA) T. Rowell (DSB) E. Colbourne (T.-N.)	Golfe Scotian Banc de l'île de Sable Nord-est de la plate-forme de Terre-Neuve	Géologie, stratigraphie Caractéristiques des effets du chalutage Physique - CTP et oxygène
93-32	5-16 oct.	M. Mitchell, J. Loder (DSPC)	Golfe du Maine	Mouillages Globec
93-33	16-25 oct.	J. Smith (DSPC)	Plate-forme néo-écossaise et chenal de Fundy	Radionucléides
93-37	28 oct.-9 nov.	S. Narayanan (T.-N.)	Nord-est de la plate-forme de Terre-Neuve	Physique
93-40 93-41 93-52	10-20 nov. 22 nov.-4 déc. 6-11 déc.	R. Lively (DSPC) B. Klein (Qué.) B. Sundby (Rimouski)	Golfe du Saint-Laurent Golfe du Saint-Laurent Golfe du Saint-Laurent	Prévisions annuelles sur les glaces JGOFS - Physique JGPFS - Géologie - échantillonnage de sédiments

**N.S.C. F.C.G. SMITH**

Le F.C.G. Smith appartient au MPO et est exploité par la région de Scotia-Fundy du Ministère. Il sert principalement au Service hydrographique du Canada pour réaliser des balayages acoustiques dans les zones côtières des provinces Maritimes.

Coque.....acier  
 Construit en.....1985  
 Longueur.....34,8 m  
 Largeur hors tout.....14 m  
 Largeur de chaque coque.....4 m  
 Tirant d'eau.....2,1 m  
 Distance du franc-bord au pont de travail.....1,3 m  
 Déplacement.....370 tonnes  
 Jauge brute.....438 tonnes  
 Vitesse maximale.....12 noeuds  
 Vitesse de croisière.....10 noeuds  
 Autonomie.....7 jours  
 Équipe scientifique.....4 personnes  
 Système de balayage intégré à transducteurs  
 Pilotage automatique  
 Systèmes de positionnement au laser  
 Traitement de données à bord  
 Effectue jusqu'à 500 000 mesures de la profondeur par jour



Année et Numéro de la Mission	Dates	Chef de Mission	Lieu	Objectif
<b>1992</b> 92-00	4 mai-25 sept.	M. Lamplugh (SHC)	Port de Halifax et Sydney	Levés hydrographiques par balayage
<b>1993</b> 93-12	25 mai-7 juin	J.D. Ferguson (SHC)	Port et approches de Halifax	Levés hydrographiques par balayage
93-12	8 juin - 2 août	J.D. Ferguson (SHC)	Détroit de Canso, port de Sydney	Levés hydrographiques par balayage
93-12	9 sept. - 21 oct.	J.D. Ferguson (SHC)	Port de Sydney	Levés hydrographiques par balayage

**LADY HAMMOND**

Le Lady Hammond, chalutier transformé, appartient à la Northlakes Shipping Ltd. et est affrété par le ministère des Pêches et des Océans spécifiquement pour la recherche halieutique. Il est exploité par la région de Scotia-Fundy du MPO, essentiellement pour le compte de la Direction des sciences biologiques, qui possède des installations à l'IOB, à Halifax, ainsi qu'à St. Andrews, au Nouveau-Brunswick.

Coque.....acier  
 Construit en.....1972  
 Longueur.....57,9 m  
 Largeur.....11,0 m  
 Tirant d'eau.....4,8 m  
 Distance du franc-bord au pont de travail.....2,5 m  
 Déplacement.....930 tonnes  
 Jauge brute.....897 tonnes  
 Vitesse maximale.....15 noeuds  
 Vitesse de croisière.....12,5 noeuds  
 Autonomie.....30 jours  
 Distance franchissable à la vitesse de croisière  
 .....8 000 milles marins  
 Équipe scientifique.....9 personnes

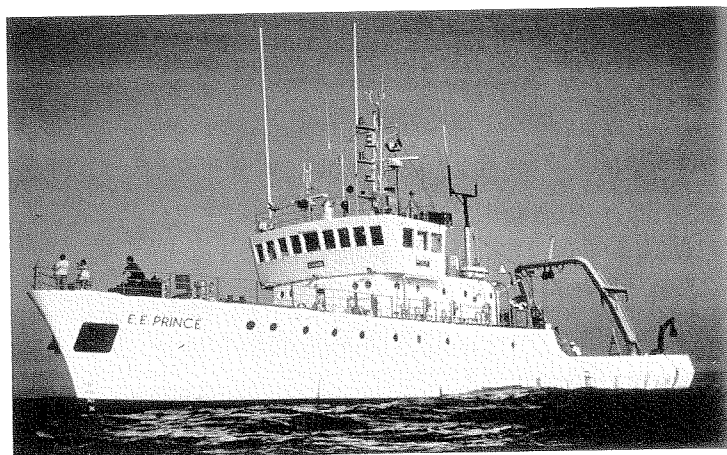


Année et Numéro de la Mission	Dates	Chef de Mission	Lieu	Objectif
<b>1992</b>				
92-237	23-28 mars	M. Showell (DSB)	Plate-forme néo-écossaise	Formation des observateurs
92-237 a	31 mars-10 avril	D. Taylor (T.-N.)	Baie St. Mary's	Études sur le crabe
92-237 b	10-16 avril	E. Dawe (T.-N.)	Baie St. Mary's	Études sur le crabe
92-238	19 avril-4 mai	J. Anderson (T.-N.)	2J, 3 K, L - OPANO	Recherche sur le plancton dans le cadre du PSMN
92-239	6-20 mai	P. Pepin (T.-N.)	2J, 3K, L - OPANO	Recherche sur le plancton dans le cadre du PSMN
92-240	23-26 mai	G. Rose (T.-N.)	3L - OPANO	Essais de matériel acoustique
92-241	27 mai-12 juin	J. Helbig (T.-N.)	2J, 3K, L - OPANO	Recherche sur le plancton dans le cadre du PSMN
92-242	14-26 juin	E. Dalley (T.-N.)	2J, 3K, L - OPANO	Recherche sur le plancton ainsi que sur la distribution des oeufs et des larves dans le cadre du PSMN
92-243	28 juin-20 juill.	G. Rose (T.-N.)	Plate-forme de Terre-Neuve	Relevé acoustique et océanographie dans le cadre du PSMN
92-244	21-29 juill.	E. Colbourne (T.-N.)	Baie de Bonavista	Recherche sur la morue et le capelan dans le cadre du PSMN
92-245	31 juill.-9 août	T. Hurlbut (Golfe)	Sud du golfe du Saint-Laurent	Études de pêche comparatives

**N.S.C. E.E. PRINCE**

Le E.E. Prince est un chalutier arrière servant à la recherche halieutique, notamment à la pêche exploratoire et expérimentale ainsi qu'à l'évaluation des ressources. Il appartient au MPO et est exploité par la région de Scotia-Fundy du Ministère.

- Coque.....acier
- Construit en.....1966
- Longueur.....39,6 m
- Tirant d'eau.....3,65 m
- Distance du franc-bord au pont de travail.....0,7 m
- Déplacement....580 tonnes
- Jauge brute.....406 tonnes
- Vitesse maximale.....10,5 noeuds
- Vitesse de croisière.....10 noeuds
- Autonomie.....14 jours
- Distance franchissable à la vitesse de croisière  
.....3 000 milles marins
- Équipe scientifique.....6 personnes



Année et Numéro de la Mission	Dates	Chef de Mission	Lieu	Objectif
<b>1992</b>				
92-426	21-26 avril	H. Dupuis (Golfe)	Baie des Chaleurs	Relevé acoustique sur l'abondance du hareng
92-427	6-20 mai	M. Butler (DSB)	Plate-forme néo-écossaise	Relevé de recherche annuel sur le pétoncle
92-428	25-26 mai	C. Cooper (GPH)	Plate-forme néo-écossaise	Essais d'engin
92-429	2-14 juin	B. Chenard, M. Measures	Matane, estuaire du Saint-Laurent	Capture de poissons vivants
92-430	15 juin-3 juill.	F. Grégoire (Qué.)	Golfe du Saint-Laurent	Relevé de recherche sur les oeufs de maquereau
92-431	6-13 juill.	M. Hanson (Golfe)	Baie de la Miramichi	Relevé de recherche sur la morue juvénile
92-432	14-17 juill.	D. Sameoto (DSB)	Bassins du golfe du Maine	Distribution du zooplancton
92-433	4-9 août	J. Porter (DSB)	Hell Hole	Marquage du thon
92-434	11 août-4 sept.	G. Robert (DSB)	Banc Georges	Relevé de recherche sur le pétoncle
92-435	8-23 sept.	C. Dickson (DSB)	Hell Hole	Marquage du thon
92-436	28 sept.-23 oct.	C. LeBlanc (Golfe)	Sud du golfe du Saint-Laurent	Comparaisons acoustiques sur le hareng
92-437	26 oct.-13 nov.	J. Sochasky (DSB)	Baie de Fundy	Étude sur les larves de hareng
92-438	14-27 nov	M. Strong (DSB)	Banc Georges	Réapparition du hareng - chalutage
92-439	30 nov.-14 déc.	C. LeBlanc (Golfe)	Détroit de Northumberland, baie des Chaleurs	Relevé de recherche sur le hareng juvénile
<b>1993</b>				
93-440	4-25 janv.	U. Buerkle (DSB)	Baie de Chedabucto	Relevé acoustique sur le hareng
93-441a	28-30 avril	C. Amos (CGA)	Banc de l'île de Sable	
93-441	3-21 mai	M. Butler (DSB)	Plate-forme néo-écossaise	Géologie
93-442	26 mai-2 juin	D. Marcogliese (Qué.)	Île de Sable	Relevé de recherche sur le pétoncle
93-443	3-13 juin	M. Péloquin	Matane (golfe du Saint-Laurent)	Étude sur le ver de phoque
93-445	14-30 juin	F. Grégoire (Qué.)M.	Sud du golfe du Saint-Laurent	Relevé de recherche sur du poisson vivant
93-446	2-10 juill.	Hanson (Golfe)	Sud du golfe du Saint-Laurent	Relevé de recherche sur les oeufs de maquereau
93-448	9-27 août	G. Robert (DSB)	Banc Georges	Relevé de recherche sur la morue juvénile
93-451	22 oct.-5 nov.	J. Sochasky (DSB)	Baie de Fundy	Relevé de recherche sur le pétoncle
93-452	9-28 nov.	L. Lefebvre (Qué.)	Golfe du Saint-Laurent	Relevé de recherche sur les larves de hareng
93-453	29 nov.-10 déc.	C. LeBlanc (Golfe)	Golfe du Saint-Laurent	Relevé de recherche sur le hareng

**N.S.C. NAVICULA**

Le N.S.C. Navicula est un bateau de pêche appartenant au MPO. Il est exploité par la région de Scotia-Fundy du Ministère, qui l'utilise pour la recherche en océanographie biologique dans la zone côtière.

Coque.....bois  
 Construit en.....1968  
 Longueur.....19,8 m  
 Largeur.....5,85 m  
 Tirant d'eau.....3,25 m  
 Distance du franc-bord au pont de travail.....2,5 m  
 Déplacement.....104 tonnes  
 Jauge brute.....78 tonnes  
 Vitesse maximale.....10 noeuds  
 Vitesse de croisière.....9 noeuds  
 Autonomie.....8-10 heures  
 Distance franchissable à la vitesse de croisière  
 .....1 000 milles marins  
 Équipe scientifique.....3 personnes



Année et Numéro de la Mission	Dates	Chef de Mission	Lieu	Objectif
<b>1992</b>				
92-02	5-12 mai	S. Campana (DSB)	Plate-forme néo-écossaise	Otolithes
92-12	21-30 mai	T. Lambert (DSB)	Baie de Sydney	Plancton de l'est de la plate-forme néo-écossaise
92-15	1er-4 juin	J. Vandermeulen (DSPC)	Eaux côtières de la Nouvelle-Écosse	Distribution de la plie rouge
92-16	5-10 juin	J. Smith (Golfe)	Baie St. Georges	Collecte de phytoplancton pour l'étude de la toxine responsable de l'IPM
92-17	10-20 juin	T. Lambert (DSB)	Baie de Sydney	Étude de pollution sur le plancton
92-19	21-30 juin	D. Willis (DSPC)	Baie St. Georges	Collecte de plies pour l'étude des OFM
92-24	3-17 juill.	J. Shaw (CGA)	Baie de Chedabucto	Géologie - carottes de sédiments
92-27b	19-23 juill.	T. Hurlbut (Golfe)	Nord de l' .-P.-É.	Relevé de recherche sur le merlu argenté
92-27	23-24 juill.	S. Courtney (Golfe)	Golfe du Saint-Laurent	Relevé de recherche sur le merlu argenté
92-26	24-27 juill.	A. Locke (Golfe)	Estuaire de la Miramichi	Relevé de recherche sur l'ichtyoplancton
92-33	9-14 sept.	J. Vandermeulen (DSPC)	Eaux côtières de la Nouvelle-Écosse	Collecte de plies rouges pour l'analyse des hydrocarbures
92-35	15-28 sept.	R. Morin (Golfe)	Banc Fisherman's	Recherche sur la distribution du poisson de fond
92-40	30 sept.-2 oct.	T. Lambert (DSB)	Eaux côtières de la Nouvelle-Écosse	Relevé de recherche sur la plie
92-32	4-9 oct.	J. Tremblay (DSB)	Plate-forme néo-écossaise	Essais d'engin
92-44	14-17 oct.	T. Lambert (DSB)	Baie de Sydney	Relevé de recherche sur le plancton de l'est de la plate-forme néo-écossaise
92-30	20-24 oct.	J. Smith (Golfe)	Eaux côtières de l' .-P.-É.	Relevé de recherche sur les proliférations de dinoflagellés toxiques
92-41	25 oct.-4 nov.	J. Vandermeulen (DSPC)	Eaux côtières de la Nouvelle-Écosse	Collecte d'échantillons d'eau et de poisson du benthos pour l'analyse des hydrocarbures
92-48	5-13 nov.	P. Vass (DSPC)	Port et approches de Halifax	Utilisation du balayage latéral pour détecter les filets maillants
92-46	16-18 nov.	J. Vandermeulen (DSPC)	Eaux côtières de la Nouvelle-Écosse	Relevé de recherche sur la distribution de la plie
1993				
93-05	28 avril-5 mai	G. Harding (DSB)	Bassin de Bedford	Recherche sur les organochlorés
93-06	5-6 mai	D. Mossman (DSPC)	Port et approches de Halifax	Études sur la plie

## Missions des navires

Année et Numéro de la Mission	Dates	Chef de Mission	Lieu	Objectif
93-08	10-21 mai	T. Lambert (DSB)	Baie de Sydney	Étude des caractéristiques de la population de morue
93-11	21-28 mai	G. Harding (DSB)	Eaux côtières du Cap-Breton	Étude des organochlorés
93-14	28 mai-3 juin	C. Courtney (Golfe)	Estuaire de la Miramichi	Relevé de recherche sur la morue
93-15	5-15 juin	D. Mossman (DSPC)	Eaux côtières du Cap-Breton	Prélèvement d'échantillons de plie rouge et d'échantillons instantanés de sédiments
93-17	16-18 juin	G. Harding (DSB)	Eaux côtières du Cap-Breton	Relevé de recherche sur le crabe des neiges
93-20	22-29 juin	J. Tremblay (DSB)	Cap-Breton	Comparaison de la sélectivité et des taux de prises des chaluts à plie et des casiers à crabe
93-22	5-16 juill.	T. Lambert (DSB)	Cap-Breton	Relevé de recherche sur la morue
93-24	20-23 juill.	G. Harding (DSB)	Cap-Breton	Étude des organochlorés
93-45	1er-9 sept.	D. Marcogliese (Qué.)	Lacs Bras d'Or, baie St. Georges	Étude des parasites
93-44	9-15 sept.	J. Vandermeulen (DSPC)	Eaux côtières du Cap-Breton	Étude de la pollution par les hydrocarbures
93-46	16-21 sept.	G. Harding (DSB)	Eaux côtières du Cap-Breton	Distribution des organochlorés
93-47	23 sept.-4 oct.	T. Lambert (DSB)	Eaux côtières du Cap-Breton	Étude de la distribution de la morue
93-36	6-13 oct.	G. Harding (DSB)	Eaux côtières du Cap-Breton	Étude des organochlorés
93-48	19-22 oct.	S. Courtney (Golfe)	Estuaire de la Miramichi	Étude des larves de morue
93-38	29 oct.-7 nov.	J. Vandermeulen (DSPC)	Eaux côtières du Cap-Breton	Pollution par les hydrocarbures
93-49	9-11 nov.	G. Harding (DSB)	Eaux côtières du Cap-Breton	Étude des organochlorés
93-54	16 nov.	J. Vandermeulen (DSPC)	Eaux côtières du Cap-Breton	Pollution par les hydrocarbures

**N.S.C. J. L. HART**

Le N.S.C. J. L. Hart est un chalutier arrière qui sert à la recherche halieutique, notamment à des opérations de chalutage léger (de fond et semi-pélagique), à des relevés de recherche sur l'ichtyoplancton, à l'échantillonnage océanographique et à l'essai d'engins scientifiques. Il appartient au MPO et est exploité par la région de Scotia-Fundy du Ministère.

Coque.....acier  
 Construit en.....1974  
 Longueur.....19,8 m  
 Largeur.....6,1 m  
 Tirant d'eau.....3,65 m  
 Distance du franc-bord au pont de travail.....0,5 m  
 Déplacement.....109 tonnes  
 Jauge brute.....89,5 tonnes  
 Vitesse maximale.....10 noeuds  
 Vitesse de croisière.....8,5 noeuds  
 Autonomie.....7,5 jours  
 Distance franchissable à la vitesse de croisière  
 .....2 000 milles marins  
 Équipe scientifique.....3 personnes



Année et Numéro de la Mission	Dates	Chef de Mission	Lieu	Objectif
<b>1992</b>				
92-106	3-12 juin	E. Kenchington (DSB)	Fundy	Relevé de recherche sur le pétoncle
92-107	22-25 juin	J. Martin (DSB)	S.-O. de la Nouvelle-Écosse	Étude des toxines
92-108	6-16 juill.	P. Hurley (DSB)	Passamaquoddy, baie de	Chalutage dans la zone côtière
92-109	20 juill.-5 août	S. Robinson (DSB)	Fundy	Relevé de recherche sur le pétoncle
92-110	10-21 août	E. Kenchington (DSB)	Platier Lurcher	Relevé de recherche sur le pétoncle
92-111	8-11 sept.	P. Lawton (DSB)	Grand Manan	Relevé de recherche sur le homard
92-112	14-17 sept	J. Martin (DSB)	Fundy	Étude des toxines
92-113	21-28 sept.	S. Robinson (DSB)	Grand Manan	Relevé de recherche sur le pétoncle
92-113	6-7 oct.	S. Robinson (DSB)	Grand Manan	Relevé de recherche sur le pétoncle
92-116	2-17 nov.	R. Jones (GPH)	Sud-ouest de la Nouvelle-Écosse	Surveillance - homard
<b>1993</b>				
93-118	17-21 mai	U. Buerkle (DSB)	Grand Manan	Relevé de recherche sur le poisson de fond
93-119	26-28 mai	E. Trippel (DSB)	Grand Manan	Relevé de recherche sur le poisson de fond
93-120	31 mai-18 juin	M. Lundy (DSB)	Région de Digby, bassin de l'Annapolis	Relevé de recherche sur le pétoncle
93-121	21-26 juin	J. Martin (DSB)	Baie de Fundy	Étude des toxines
93-122	5-15 juill.	S. Robinson (DSB)	Passamaquoddy	Relevé de recherche sur le pétoncle
93-123	26 juill.-6 août	P. Hurley (DSB)	S.-O. de la Nouvelle-Écosse	Relevé de recherche sur le poisson de fond
93-124	9-20 août	P. Lawton	Baie de Fundy	Relevé de recherche sur le homard
93-125	23 août-3 sept.	E. Kenchington (DSB)	Région de l'île Briar	Relevé de recherche sur le pétoncle
93-128	13-17 sept.	J. Martin (DSB)	Baie de Fundy	Étude des toxines
93-129	4-12 oct.	M. Lundy (DSB)	Digby	Relevé de recherche sur le pétoncle
93-130	18-21 oct.	K. Waiwood (DSB)	Grand Manan	Stock de géniteurs



## PARTICIPATION À D'AUTRES MISSIONS DE RECHERCHE

### Ministère des Pêches et des Océans, Région de Scotia-Fundy

*Brannetelle* (Canada)

Les 31 mars 1992, 4 mai 1992, 21 sept. 1992, 10 nov. 1992 et 7 janv. 1993  
Mark Lundy (DSB)

Golfe du Maine

Étude de la variation annuelle du rendement des chairs de pétoncle

*Sea Diver* (É.-U.)

Du 19 au 26 juill. 1993

Douglas Pezzack, Peter Lawton (DSB)

Banc Georges

Étude de l'habitat et de la structure de la population du homard au moyen d'un submersible

*Betty R.* (Canada)

Du 15 au 19 sept. 1992

R. Miller et J. Tremblay (DSB)

Eaux côtières de la Nouvelle-Écosse

Relevé de recherche pour prédire l'abondance du homard.

*William R.* (Canada)

Du 16 au 20 sept. 1993

R. Miller et J. Tremblay

Eaux côtières de la Nouvelle-Écosse

Relevé de recherche pour prédire l'abondance du homard.

*D.A. Moore* (Canada)

Du 23 au 24 juill. 1993

Wade Scott (DSB, à contrat)

Est de la plate-forme néo-écossaise, 4VW  
Évaluation de la biomasse de crevettes

*April & Colette* (Canada)

Du 17 au 19 août 1993

Du 1er au 2 sept. 1993

Wade Scott (DSB, à contrat)

Est de la plate-forme néo-écossaise, 4VW  
Évaluation de la biomasse de crevettes

*Heinke* (Allemagne)

Le 21 août 1992

Kate Kranck, T.G. Milligan

Estuaire de l'Elbe

Étude des particules en suspension

NGCC *Henry Larsen* (Canada)

Du 4 au 25 sept. 1993

R. Nelson (DSPC)

Mer de Beaufort, mer de Chukchi et est de la mer de Sibérie

Mesure de la radioactivité dans l'eau et des sédiments dans le cadre d'études des contaminants et de la circulation

*Geolog Fersman* (Russie)

Du 30 août au 29 sept. 1993

K. Ellis, DSPC

Mer de Barents et mer de Kara

Étude de la contamination radioactive résultant d'essais nucléaires et du rejet de déchets nucléaires par les Russes dans la mer de Barents et dans la mer de Kara.

*Lance* (Norvège)

Du 27 déc. au 22 mars 1993

F. Zemlyack, DSPC

Mer de Weddell

Assimilation de CO<sub>2</sub> et changement climatique mondial

*Petrel V* (Canada)

Du 28 avril au 12 mai 1993

P.C. Smith, D. Lawrence, M. Scotney, DSPC

Banc Western (plate-forme néo-écossaise)

Étude de la dérive et de la dispersion en surface sur le banc Western

*Mary Hitchens* (Canada)

Du 25 au 28 oct., du 30 oct. au 1er nov. 1992

D. Lawrence, M. Scotney (DSPC)

Du banc de Brown au banc de l'île de Sable

Essais de dériveurs dans le cadre d'un exercice d'intervention d'urgence

*Oceanus* (É.-U.)

Du 26 oct. au 19 nov. 1992

N. Oakley, R. Ryan, A. Hartling, E. Verge, DSPC

Bassin des Canaries

Largage de traceurs dans l'Atlantique Nord (NATRE); études de microstructure.

*Oceanus* (É.-U.)

Du 27 juill. au 7 août 1992

A. Clarke, M. Scotney, R. Boyce, J. Hamilton, DSPC

Sud des Grands Bancs de Terre-Neuve

Installation de mouillages WOCE

### Ressources naturelles Canada Centre géoscientifique de l'Atlantique

NSC *Tully* 92006 (Canada)

du 14 au 25 nov. 1992

Christian, MacKinnon

Delta du Fraser

Étude des caractéristiques de l'instabilité du fond de mer et collecte de données sur les phénomènes sismiques pour établir des cartes des risques géologiques et effectuer des essais géotechniques du matériel Lancelot et Excalibur ainsi que du matériel d'ondes transversales du University College of North Wales.

Étude géotechnique commune de la CGC et de BC Hydro au terminal de câbles sous-marins de Canoe Pass.

Du 1er au 6 déc. 1992

Christian

Delta du Fraser

Forage et échantillonnage continu de sédiments du quaternaire en vue d'évaluer le potentiel de liquéfaction sismique et de rendre conforme un modèle géologique.

Programme d'études géotechniques extracôtières de la CGC sur le chañon du talus avant du delta

Du 19 au 26 sept. 1993

Christian

Delta du Fraser

Exécution sur place d'un programme détaillé d'essais et d'échantillonnage de trous de forage, pour évaluer le potentiel de liquéfaction des dépôts du front de delta

NSC *Tully* 93010 (Canada)

Du 2 au 13 nov. 1993

Christian, Heffler, Parrott

Delta du Fraser

Levés géophysiques du talus avant du delta, essais géotechniques Excalibur et essais d'ondes transversales en collaboration avec le University College of North Wales.

NGCC *Griffon* (Canada)

Du 17 août au 9 sept. 1992

Lewis, Atkinson, Jodrey et Sherin

Lac Ontario

Grande étude de la géologie des dépôts meubles et de la dernière couche du substratum rocheux qui aura pour but de déterminer la sismostratigraphie, les caractéristiques de la discontinuité et de la rupture ainsi que les profils sédimentaires géotechniques et lithostratigraphiques dans certaines parties du lac Ontario.

*NGCC Griffon* (Canada)

Du 21 juin au 19 juill. 1993

Lewis, Atkinson, Jodrey, Nielsen et Johnston

Lac Ontario

Grande étude de la géologie des dépôts meubles et de la dernière couche du substratum rocheux qui aura pour but de déterminer la sismostratigraphie, les caractéristiques de la discontinuité et de la rupture ainsi que les profils sédimentaires géotechniques et lithostratigraphiques (deuxième année du programme).

*Lough Beltra* (Irlande)

Du 11 au 22 juin 1993

Shaw, Wile et Beaver

Baie de Dingle, sud-ouest de l'Irlande

Collecte de données de géophysique et d'échantillons en haute mer depuis une grande barrière-épix dans la baie de Dingle, au sud-ouest de l'Irlande. L'étude pourrait s'étendre au-delà de la barrière afin d'examiner les dépôts estuariens en arrière de celle-ci. Étude réalisée en collaboration avec l'université de Cork et divers partenaires européens (qui recueilleront des données à terre). Elle s'inscrit dans un projet de la Commission de la Communauté européenne visant à examiner les effets possibles de l'élévation du niveau de la mer sur les côtes.

*NCSM Moresby* (Canada)

Du 27 sept. au 8 oct. 1993

Fader, Atkinson, Hughes, Johnston

Plate-forme néo-écossaise

Balayage latéral de la zone côtière au sonar en vue d'établir des cartes de la géologie des dépôts meubles.

*Polar Star* (É.-U.)

Du 14 août au 17 sept. 1993

Jackson, Locke et Nielsen

Océan Arctique, Bassin du Canada

Étude de sismique-réfraction pour déterminer la structure de la côte dans la région.

*Lough Beltra* (Irlande)

Du 10 au 22 juin 1993

Shaw, Forbes, Wile et Beaver

Baie de Dingle, Irlande

Étude de la géologie marine de la baie de Dingle afin de déterminer l'évolution à long terme de la côte et de la barrière dans des conditions d'élévation du niveau de la mer.

*Joides Resolution* (É.-U.)

Du 20 mai au 20 juill. 1992

Jansa

Nord-ouest du Pacifique

Étude de l'histoire géologique de certains des guyots submergés dans le nord-ouest du Pacifique, afin d'établir si l'ennoiement des récifs et des atolls est relié aux perturbations et au changement général de climat survenus lors du Crétacé et utiliser les guyots comme mesure de référence dans l'étude des périodes et de l'ampleur des changements du niveau de la mer, cela afin de vérifier l'application générale du schéma du cycle Mézozoïque-Cénozoïque.

*Tignish Sea* (Canada)

Du 16 au 25 juin 1993

Fader

Plate-forme néo-écossaise

Étude et établissement de deux routes destinées à de nouveaux câbles de télécommunications par fibres optiques en

travers de la plate-forme néo-écossaise et du talus de cette plate-forme. Étude commune de Téléglobe Canada, de McElhanney Survey et de la Commission géologique du Canada.

*NCSM Moresby* (Canada)

Du 27 sept. au 8 oct. 1993

Fader, Miller, Atkinson, Johnston et Hughes

Plate-forme néo-écossaise

Établissement de la carte géologique du fond de mer sur l'intérieur de la plate-forme néo-écossaise, ainsi que des réalités de terrain des nouvelles données bathymétriques par bandes produites par le NSC Matthew. Étude des sédiments en coopération avec le ministère de la Défense nationale et la Gendarmerie royale du Canada.

*Miramichi Surveyor* (Canada)

Du 13 au 17 oct. 1992

Fader, Christian et Murphy

Port de St. John

Évaluation des effets géologiques du dragage du fond de mer et étude des trajectoires de sédimentation et de transport.

*Joides Resolution* (É.-U.)

Du 21 janv. au 10 mars 1993

Salisbury

Rift du Costa Rica, Pacifique équatorial

Forage en vue de déterminer la composition de la couche 3 de l'océan et la nature de la transition entre les couches 2 et 3

# Cartes et publications

## Production de cartes

La région de Scotia-Fundy du Service hydrographique du Canada (SHC) est responsable de 400 cartes marines couvrant la côte est du Canada, du banc Georges au détroit du Prince-de-Galles, dans l'Arctique.

Les cartes produites par le SHC se répartissent en trois catégories. Une «nouvelle carte» est la première carte qui représente une région à une échelle donnée ou qui couvre une zone différente de celles qui sont représentées par les cartes existantes. Ce type de carte est bilingue et comprend des isobathes conformes au système métrique. Une «nouvelle édition» est une version d'une carte existante qui présente des données nouvelles et les modifications rendues publiques dans les Avis aux navigateurs. Quant aux «réimpressions», il s'agit de reprises d'une édition qui intègrent les modifications rendues publiques dans les Avis aux navigateurs. Les réimpressions des cartes marines de la région de Scotia-Fundy sont produites par l'Administration centrale du SHC, à Ottawa.

Outre les nouvelles cartes et les nouvelles éditions énumérées ci-dessous, le SHC publie chaque année une centaine de modifications de cartes et une quinzaine d'annexes graphiques par le truchement des Avis aux navigateurs.

## 1992

### Nouvelles cartes

7575 Détroit Peel et anse Prince Resent  
4170 Port de Glace Bay  
4839 Fond de la baie de Placentia  
4913 Port de Caraquet, baie de Shippagan et port de Miscou  
4124 Ports de la baie de Fundy  
7481 Chenal Foxe  
7482 De l'île Winter au cap Jermain  
7489 Du chenal Navy à la falaise Longstaff  
4114 Île Campobello

### Nouvelles éditions

4391 Rivière LaHave - de la berge Conquerall à Bridgewater  
7552 Détroit de Bellot et ses approches  
4242 De l'île Cape Sable aux îles Tusket

## 1993

### Nouvelles cartes

4116 Approches de Saint John  
7134 Baie de Robinson et ses approches  
7136 Cap Mercy et ses approches  
4847 Baie de Conception

### Nouvelles éditions

4911 Entrée de la Miramichi  
4912 Miramichi  
4846 De la baie de Motion au cap St. Francis

## Publications

Voici, selon l'ordre alphabétique de leurs auteurs, les publications produites en 1992 et 1993 par le personnel du ministère des Pêches et des Océans (MPO), du ministère des Ressources naturelles du Canada et du ministère de l'Environnement du Canada à l'IOB, ainsi que par le personnel du MPO au Laboratoire de recherche halieutique de Halifax et à la Station de biologie de St. Andrews. Les articles publiés dans les revues scientifiques et hydrographiques, les monographies, les actes des congrès et diverses séries de rapports techniques sont compris dans cette liste. Le style et la présentation des publications énumérées sont établis par leur service d'origine. Pour obtenir de plus amples renseignements sur ces publications, veuillez communiquer avec la Division de la liaison et de l'évaluation du milieu marin, ministère des Pêches et des Océans, C.P. 1006, Dartmouth (Nouvelle-Écosse), Canada, B2Y 4A2, ou téléphoner au (902) 426-3559.

## MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS (RÉGION DE SCOTIA-FUNDY)

### BUREAU DU DIRECTEUR RÉGIONAL DES SCIENCES

1992

**Boudreau, P.R.** 1993. Regional Data and Information System Requirements for the Gulf of Maine, p. 5. In E. Braasch [ed.] Proc. Gulf of Maine Data and Information Systems Workshop. Dartmouth College, Hannover, NH, Nov. 3-5, 1993.

**MacPhee, S.B.** 1993. The Bedford Institute of Oceanography: Current Program and Future Directions, p.15-43. In Noniyuki Nasu and S. Honjo [ed.] Proc. of Symp. New Directions of Oceanographic Research and Development, Springer Verlag, Tokyo.

**Nicholls, H.B.** 1993. ECOR, An international organization active in the Coastal Zone, p.3218-3225. In L.T. Tobin [ed.] Coastal Zone '93. Proc. 8th Symp. on Coastal and Ocean Management. Amer. Soc. Civ. Engineers, N.Y.

**Nicholls, H.B.** 1993. The Role of the Bedford Institute of Oceanography in Addressing Marine Coastal Zone Issues, p.213-221. In L.P. Hildebrand and O.T. Magoon [ed.] Coastlines of Canada. Amer. Soc. Civ. Engineer, N.Y.

**Peer, D., N. Prouse, and G. Seibert.** 1992. Concerns addressed in the ocean dumping permit process, p.84-86. In J. Cook [ed.] Science Review 1990 & '91. Dep. Fish. Oceans, Dartmouth, NS.

### DIRECTION DES SCIENCES BIOLOGIQUES

1992

**Ackman, R.G., S. Sigurgisladottir, S.M. Polvi and S.P. Lall.** 1992. Fatty acid absorption and transformation in Atlantic salmon (*Salmo salar*), p.23. Int. Symp. on Cultivation of Atlantic salmon. Bergen, Norway, August 17-20, 1992.

**Ackman, R.G., S.M. Polvi, S. Sigurgisladottir, S.P. Lall and R.L. Saunders.** 1992. Absorption and deposition of n-3 fatty acids in Atlantic salmon (*Salmo salar*). In A. Sinclair and R. Gibson [ed.] Proc. 3<sup>rd</sup> Int'l Congress on Essential fatty acids and Eicosanoids. American Oil Chemists Society.

**Addison, R.F.** 1992. Detecting the effects of

marine pollution, p. 9-12. In J. Cook [ed.] Science Review 1990 & '91. Dep. Fish. and Oceans, Dartmouth, N.S.

**Aiken, D.E.** [ED.] 1992. The perils of accountability in science. World Aquacult. 23(3): 3.

**Aiken, D.E.** [ED.] 1992. World Aquacult. 23(4): 72 p.

**Aiken, D.E.** [ED.] 1992. World Aquacult. 23(1): 80 p.

**Aiken, D.E.** [ED.] 1992. World Aquacult. 23(3): 72 p.

**Aiken, D.E.** [ED.] 1992. World Aquacult. 23(2): 72 p.

**Aiken, D.E., and S.L. Waddy.** 1992. The growth process in crayfish. Rev. Aquat. Sci. 63(4): 335-381.

**Amadi, I., D.V. Subba Rao, and Y. Pan.** 1992. A *Gonyaulax digitale* red water bloom in the Bedford Basin, Nova Scotia, Canada. Bot. Mar. 35: 451-455.

**Amiro, P.G., R.E. Cutting, B.M. Jessop, T.L. Marshall, and S.F. O'Neil.** 1992. Status of Atlantic salmon stocks of Scotia-Fundy Region, 1991. CAFSAC Res. Doc. 92/21, 22 p.

**Anderson, S.A., S.P. Lall and D.M. Anderson.** 1992. Apparent and true availabilities of amino acids from common feed ingredients for Atlantic salmon (*Salmo salar*) reared in sea water. Aquaculture 108:111-124.

**Annand, C.** 1992. Review of management measures for 1991 Scotia-Fundy groundfish fishery. CAFSAC Res.Doc. 92/103.

**Annand, C, and D. Beanlands.** 1992. Assessment of pollock (*Pollachius virens*) in Divisions 4VWX and Subdivision 5Zc for 1991. CAFSAC Res. Doc. 92/44.

**Anon.** 1992. Report of the ICES Study Group on Ecosystem Effects of Fishing Activities (Copenhagen, Denmark, April 7-14, 1992). ICES C.M.1992/G:11.

**Barrie, L.A., D. Gregor, B.T. Hargrave, R. Lake, D. Muir, R. Shearer, B. Tracey, and T. Bidleman.** 1992. Arctic contaminants: Sources, occurrence and pathways. Sci. Total Env. 122: 1-74.

**Bird, C.J., E.L. Rice, C.A. Murphy, and M.A. Ragan.** 1992. Phylogenetic relationships in the agarophyte family Gracilariaceae (Rhodophyta, Gracilariales). XIVth International Seaweed Symposium, August 16-21, Brittany, France. (Abstract)

**Bird, C.J., C.A. Murphy, R.K. Singh, E.L. Rice, R.R. Gutell, and M.A. Ragan.** 1992. Classical taxonomy and rRNA sequences in red algae: conflict and congruence. Inter-

national Society for Evolutionary Protistology 9, July 3-7, Orsay, France.

**Bird, C.J., C.A. Murphy, E.L. Rice, R.R. Gutell, and M.A. Ragan.** 1992. Genetic relationships among red algae (Rhodophyta) as evidenced by sequences of 18S ribosomal RNA genes. XIVth International Seaweed Symposium, August 16-21, Brittany, France.(Abstract)

**Bird, C.J., E.L. Rice, C.A. Murphy, R.R. Gutell, and M.A. Ragan.** 1992. Towards an rRNA gene phylogeny of the red algae (Rhodophyta). Northeast Algal Symposium, April 25-26, Woods Hole, MA. (Abstract)

**Bird, C.J., C.A. Murphy, M.A. Ragan, E.L. Rice, and R.R. Gutell.** 1992. Towards an rRNA gene phylogeny of the red algae (Rhodophyta). Aquatech '92: Progress and profits from research. March 1-3, Halifax, N.S.

**Bird, C.J., E.L. Rice, C.A. Murphy, and M.A. Ragan.** 1992. Phylogenetic relationships in the Gracilariales (Rhodophyta) as determined by 18S rDNA sequences. Phycologia 31: 510-522.

**Bird, C.J., C.A. Murphy, E.L. Rice, and M.A. Ragan.** 1992. The 18S rRNA gene sequences of four commercially important seaweeds. J. of Appl. Phycol. 9: 1-6.

**Bjerknes, V., J. Duston, D. Knox, and P.R. Harmon.** 1992. Importance of body size for acclimation of underyearling Atlantic salmon parr (*Salmo salar* L.) to seawater. Aquacult. 104: 357-366.

**Bose, R., C.L. Schnell, C. Pinsky, and V. Zitko.** 1992. Effects of excitotoxins on free radical indices in mouse brain. Toxicol. Letters 60: 211-219.

**Boness, D.J., W.D. Bowen, S.J. Iverson, and O.T. Oftedal.** 1992. Influence of storms and maternal size on mother-pup separations and fostering in the harbour seal. Can. J. Zool. 70: 1640-1644.

**Boudreau, P.R.** 1992. Data and Information Management Committee of the Gulf of Maine Council on the Marine Environment directory of data bases. DFO Internal Rep.

**Boudreau, P.R.** 1992. DFO user needs survey for the Gulf of Maine. DFO Internal Rep.: 54 p.

**Boudreau, P.R.** 1992. Habitat Sensitivity Mapping Workshop: Review, strategy, and recommendations. DFO Internal Rep.: 49 p.

**Boudreau, P.R.** 1992. DFO component of the Atlantic Coastal Zone Information Management Steering Committee directory of data bases. DFO Internal Rep.: 218 p.

- Boudreau, P.R.**, and L.M. Dickie. 1992. Biomass spectra of aquatic ecosystems in relation to fisheries yield. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 1528-1538.
- Bowen, W.D.** 1992. Population energetics of seals on the Scotian Shelf, p.13-17. *In* J. Cook [ed.] Science Review 1990 & '91. Dep. Fish. and Oceans, Dartmouth, N.S.
- Bowen, W.D.**, O.T. Oftedal, and D.J. Boness. 1992. Mass and energy transfer during lactation in a small phocid, the harbour seal. *Physiol. Zool.* 65: 844-866.
- Bowen, W.D.**, W.T. Stobo, and S.J. Smith. 1992. Mass changes of grey seal *Halichoerus grypus* pups on Sable Island: Differential maternal investment reconsidered. *J. Zool. (London)* 227: 607-622.
- Bradford, R.G.**, and T.D. Iles. 1992. Unique biological characteristics of spring-spawning herring (*Clupea harengus* L.) in Minas Basin, Nova Scotia, a tidally dynamic environment. *Can. J. Zool.* 70: 641-648.
- Bradford, R.G.**, and R.L. Stephenson. 1992. Egg weight, fecundity, and gonad weight variability among northwest Atlantic herring (*Clupea harengus*) populations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 2045-2054.
- Brander, K.**, and P.C.F. Hurley. 1992. Distribution of early stage cod, haddock and witch eggs on the Scotian Shelf: A re-appraisal of evidence on the coupling of cod spawning and plankton production. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 238-251.
- Branton, R.** 1992. ZIF Verification Workshop Report #2.
- Branton, R.** 1992. BSB 1992 EDP Status Report.
- Brodie, P.F.** 1992. Whale mechanics and fisheries oceanography. *Sou'wester*, September 15, 1992.
- Brodie, P.F.** 1992. Status, energetics and incidental by-catch mortality of harbour porpoise in the Gulf of Maine/Bay of Fundy. *In* NOAA/National Marine Fisheries Service. Harbour Porpoise in Eastern North America: Results of a Scientific Workshop (Woods Hole, Mass., April-May 1992). Northeast Fish. Sci. Center Ref. Doc. 92-06.
- Buerkle, U.** 1992. Results of the 1991-92 herring acoustic surveys in NAFO Div. 4WX. CASAC Res. Doc. 92/73: 23 p.
- Bugden, G.**, R. Forbes, D.C. Gordon, B. Huppertz, P.D. Keizer, M. Levasseur, J.L. Martin, R. Penny, J. Smith, D.V. Subba Rao, D.J. Wildish, and P. Yeats. 1992. Overview of Canadian phytoplankton monitoring program, p. 15-16. *In* J.-C. Therriault and M. Levasseur [ed.] Proc. Third. Can. Workshop on Harmful Marine Algae. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1893. (Abstract)
- Bugden, G.L.**, D.V. Subba Rao, and P.A. Yeats. 1992. The phytoplankton profiling project, p. 18-22. *In* J. Cook [ed.] Science Review 1990 & '91. Dep. Fish. and Oceans, Dartmouth, N.S.
- Bugden, G.L.**, P. Butts, P.D. Keizer, K. Kranck, T. Milligan, E.A. Orr, D.V. Subba Rao, and P.A. Yeats. 1992. The Scotia-Fundy phytoplankton monitoring program; the Nova Scotian component, p. 39. *In* J.-C. Therriault and M. Levasseur [ed.] Proceedings of the Third Canadian Workshop on Harmful Marine Algae. Maurice-Lamontagne Institute, Mont-Joli, Québec, May 12-14, 1992. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1893. (Abstract)
- Butler, M.A.E.** and G. Robert. 1992. Update of the Scotian Shelf shrimp fishery - 1991. CAFSAC Res. Doc. 92/33, 17p.
- Buzeta, M.-I.** 1992. Use of backcalculations on NAFO Subdivision 5Ze cod otoliths for the correct assignment of settling checks and first annuli. CAFSAC Res. Doc. 92/47: 15 p.
- Buzeta, M.-I.**, J.J. Hunt, N. Munroe, and L. Van Eeckhaute. 1992. Report of the Georges Bank cod and haddock ageing workshop. CAFSAC Res. Doc. 92/119: 34 p.
- Campana, S.E.** 1992. Measurement and interpretation of the microstructure of fish otoliths, pp. 59-71. *In* D.K. Stevenson and S.E. Campana [ed.] Otolith Microstructure Examination and Analysis. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 117.
- Campana, S.**, and J. Hamel. 1992. Status of the 1991 4X cod fishery. CAFSAC Res. Doc. 92/46.
- Campana, S.E.** 1992. Projecting fish stock levels. Guest editorial to the December 8 Chronicle Herald newspaper.
- Campana, S.E.** and C.M. Jones. 1992. Analysis of otolith microstructure data, p. 73-100. *In* D.K. Stevenson and S.E. Campana [eds]. Otolith Microstructure Examination and Analysis. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 117.
- Campana, S.E.**, and J.M. Casselman. 1992. Discrimination of the 4Vs/4T cod stocks using otolith shape analysis. CAFSAC Res. Doc. 92/45.
- Carver, C.S.**, S. Hancock, G.G. Sims, and W. Watson-Wright. 1992. Phytoplankton monitoring in Nova Scotia, p. 30-31. *In* J.-C. Therriault and M. Levasseur [ed.] Proc. Third. Can. Workshop on Harmful Marine Algae. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1893. (Abstract)
- Chang, B.D.** and J.-P. Thonney. 1992. Overview and environmental status of the New Brunswick salmon culture industry. *Bull. Aquacult. Assoc. Can.* 92-3: 61-63.
- Chopin, T.**, J. Pringle and R. Semple. 1992. Impact of harvesting on frond density and biomass of Irish moss (*Chondrus crispus* stackhouse) beds in the southern Gulf of St. Lawrence. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49:349-357.
- Clay, D.** and J.M. Porter. 1992. National report of Canada, 1990-91. *Int. Comm. Conserv. Atl. Tunas, Rep. for Biennial Period 1990-91, Part 2: 254-258.*
- Conser, R.J.**, J.M. Porter, and J.J. Hoey. 1992. Casting the Shepherd stock-production model in a statistical framework suitable for swordfish stock assessment and management advice. *Int. Comm. Conserv. Atl. Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap. (Madrid)* 39: 593-599.
- Cranford, P.J.**, D.K. Muschenheim, and D.C. Gordon, Jr. 1992. Studies on the possible impacts of petroleum developments on Georges Bank scallop stocks, p. 237-240. *In* J. Wiggins and C.N.K. Mooers [ed.] Proceedings of the Gulf of Maine Scientific Workshop, Woods Hole, Massachusetts, 8-10 Jan. 1991. Gulf of Maine Council on the Marine Environment. Urban Harbors Institute, University of Massachusetts, Boston.
- Crawford, R.E.**, C. Hudon, and D.G. Parsons. 1992. A hydroacoustical study of shrimp *Pandalus montagui* distribution near Resolution Island (eastern Hudson Strait). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49 (5): 842-856.
- DiBacco, C.**, and J.D. Pringle. 1992. Larval lobster (*Homarus americanus*, H. Milne Edwards, 1837) distribution in a protected Scotian Shelf Bay. *J. Shellf. Res.* 11: 81-84.
- DiBacco, C.** 1992. The reproductive cycle of the giant scallop (*Placopecten magellanicus Gmelin*) on eastern Georges Bank. Marine Benthic Ecology Meeting, 1992, Newport, R.I., U.S.A. (Abstract)
- Duston, J.**, and J.D.E. Knox. 1992. Acclimation of Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr to seawater in autumn: stimulatory effect of a long photoperiod. *Aquaculture* 103: 341-358.
- Duston, J.**, and R.L. Saunders. 1992. Effects of 6-, 12-, and 18-month photoperiod cycles on smolting and sexual maturation in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 2273-2280.
- Elner, R.W.**, and P.G. Beninger. 1992. The reproductive biology of Snow Crab,

- Chionoecetes opilio*: a synthesis of recent contributions. Amer. Zool. 32: 524-533.
- Farmer, G.J.**, D. Ashfield, and D.K. MacPhail. 1992. Chemical characteristics of selected rivers in Shelburne County, Nova Scotia, 1988-1991. Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci. No. 2155. 35 p.
- Farmer, G.J.** 1992. Some factors which influence the survival of hatchery Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts utilized for enhancement purposes. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. No. 1855. 19 p.
- Frank, K.T.**, J.W. Loder, J.E. Carscadden, W.C. Leggett, and C.T. Taggart. 1992. Larval flatfish distributions and drift on the southern Grand Bank. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 467-483.
- Frank, K.T.** 1992. The demographic consequences of age-specific dispersal in marine fish populations. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 2222-2231.
- Friars, G.W.**, J.K. Bailey, and F.M. O'Flynn. 1992. Merging conventional mating and selection practices with transgenic technology. Progress and Profits from Research. Aquatech '92. Dept. Fish. and Oceans, Aquacult. and Res. Devel. Branch, Halifax. p. 39-42.
- Furuya, K.** and W.K.W. Li. 1992. Evaluation of photosynthetic capacity of phytoplankton by flow cytometric analysis of DCMU-enhanced chlorophyll fluorescence. Mar. Ecol. Prog. Ser. 88: 279-287.
- Gavaris, S.** and L. Van Eeckhaute. 1992. Assessment of haddock on eastern Georges Bank. CAFSAC Res. Doc. 92/29: 32 p.
- Gordon, D.C., Jr.** 1992. Current applications and future developments in the use of mathematical models in the implementation of monitoring programs and regional assessments. Discussion paper prepared for the ICES Working Group on Environmental Assessment and Monitoring Strategies. Annex 3. ICES C.M.1992/Poll:9(Sess. V): 18-28.
- Gordon, D.C., Jr.** 1992. Theoretical framework for using benthic organisms to assess environmental change. Discussion paper prepared for the ICES Benthos Ecology Working Group. Annex 12. ICES C.M.1992/L:11: 90-102.
- Govind, C.K.**, Read, A.T., Claxton, W.T., and R.W. Elner. 1992. Neuromuscular analysis of the chela-closer muscle associated with preopulatory grasping in male snow crabs, *Chionoecetes opilio*. Can. J. Zool. 70: 2356-2360
- Hagen, N.T.**, and K.H. Mann. 1992. Functional response of the predators American lobster *Homarus americanus* (Milne-Edwards) and Atlantic wolffish *Anarhichas lupus* (L.) to increasing numbers of the green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* (Müller). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 159: 89-112.
- Halliday, R.G.**, and T.J. Kenchington. 1992. Profile of Scotia-Fundy groundfish longline fleet. DFO Scotia-Fundy Region, Halifax, N.S., Project Summary No. 35: 4 p.
- Halliday, R.G.**, F.G. Peacock, and D.L. Burke. 1992. Development of management measures for the groundfish fishery in Atlantic Canada — A case study of the Nova Scotia inshore fleet. Marine Policy 16(6): 411-426.
- Hammill, M.O.**, R.A. Myers, G. Stenson, and W.T. Stobo. 1992. Mark-recapture estimates of non-Sable Island grey seal (*Halichoerus grypus*) pup production. CAFSAC Res. Doc. 92/91: 15 p.
- Harding, G.C.** 1992. A review of the major marine environmental concerns off the Canadian East Coast in the 1980s. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1885: vi + 38 p.
- Harding, G.C.** 1992. American lobster (*Homarus americanus* Milne Edwards): A discussion paper on their environmental requirements and the known anthropogenic effects on their populations. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1887: vi + 16 p.
- Hargrave, B.T.**, P.J. Cranford, B.A. MacDonald, and J.E. Ward. 1992. *In situ* feedings studies on adult sea scallops. Presentation at the annual Ocean Production Enhancement Network meeting, Dalhousie University, Halifax, N.S. (Poster)
- Hargrave, B.T.**, P. Germain, J.-C. Philippot, G. Hermon, and J.N. Smith. 1992. Stable elements and <sup>210</sup>Po in the deep-sea amphipod *Eurythenes gryllus*. Deep-Sea Res. 39: 37-44.
- Hargrave, B.T.**, G.C. Harding, W.P. Vass, P.E. Erickson, B.R. Fowler, and V. Scott. 1992. Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in the Arctic Ocean food web. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 22: 41-54.
- Harrison, W.G.** 1992. Regeneration of nutrients, p. 385-407. In P. Falkowski [ed.] Primary Productivity and Biogeochemical Cycles in the Sea. Brookhaven Symposium in Biology No. 37, Plenum Press, N.Y.
- Harrison, W.G.** and G.F. Cota. 1992. Primary production in polar waters: relation to nutrient availability, p. 87-104. In E. Sakshaug, C.E. Hopkins and N.A. Orisland [ed.] Proceedings from the Pro Mare Symposium on Polar Marine Ecology, Trondheim. 12-16 May 1990. Polar Res. 10.
- Harrison, W.G.**, L.R. Harris, D.M. Karl, G.A. Knauer and D.G. Redalje. 1992. Nitrogen dynamics at the VERTEX time-series site. Deep-Sea Res. 39: 1535-1552.
- Harrison, W.G.** and E.J.H. Head. 1992. Particulate C, N, P and Si analysis at the Bedford Institute of Oceanography, Canada. In Hurd, D.C., Spencer, D.W. [ed.] The analysis and characterization of marine particles. Publ. AGU, Washington, DC.
- Head, E.J.H.** 1992. Gut pigment accumulation and destruction by arctic copepods in vitro and in situ. Mar. Biol. 112: 583-592
- Head, E.J.H.** 1992. Comparison of the chemical composition of particulate material and copepod faecal pellets at stations off the coast of Labrador and in the Gulf of St. Lawrence. Mar. Biol. 112: 593-600.
- Head, E.J.H.** and L.R. Harris. 1992. Chlorophyll and carotenoid transformation and destruction by *Calanus* spp. grazing on diatoms. Mar. Ecol. Prog. Ser. 86: 229-238.
- Herbinger, C.M.**, and G.W. Friars. 1992. Effects of winter temperature and feeding regime on the rate of early maturation in Atlantic salmon (*Salmo salar*) male parr. Aquacult. 101: 147-162.
- Hudon, C.** 1992. Critical factors for the development of a collector for postlarval and juvenile lobster. In DeLaFontaine, Y. [ed.] Proceedings of the Workshop "Juvenile stages: the missing link in fisheries research", held at BIO, October 1-3, 1991. Can. Tech. Rept. Fish. Aquat. Sci. 1890.
- Hudon, C.** 1992. Nearshore habitats. p.13. In Bunch, J.N. and R.R. Reeves [ed.] Proceedings of a workshop on the potential cumulative impacts of development in the region of Hudson and James Bays, 17-19 June 1992. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1874.
- Hudon, C.**, D.G. Parsons, and R.E. Crawford. 1992. Diel pelagic foraging by a pandalid shrimp (*Pandalus montagui*) off Resolution Island eastern Hudson Strait. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49 (3): 565-576.
- Hogans, W.E.**, and K.J. Sulak. 1992. *Diocus lycenchelus* new species (Copepoda: Chondracanthidae) parasitic on the eelpout *Lycenchelys verrillii* (Zoarcidae) from the Hatteras slope of the northwestern Atlantic Ocean. Bull. Mar. Sci. 51: 301-308.
- Hunt, J.J.** 1992. Morphological characteristics of otoliths for selected fish in the Northwest Atlantic. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 13: 63-75.

- Hunt, J.J.** and M.-I. Buzeta. 1992. Status of the Atlantic cod stock on Georges Bank in unit areas 5Zj and 5Zm, 1978-91. CAFSAC Res. Doc. 92/48: 23 p.
- Hunter, C. M.** and M. J. Tremblay. 1992. A database for catch and length composition related to the Scotia-Fundy lobster fishery. Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci. 2149: 27p.
- Hurley, P.C.F., J. Simon,** and K.T. Frank. 1992. Assessment of 4X haddock in 1991. CAFSAC Research Document 92/63: 40p.
- Jellett, J.F., L.J. Marks, J.E. Stewart, M.L. Dorey, W. Watson-Wright,** and J.F. Lawrence. 1992. Paralytic shellfish poison (Saxitoxin family) bioassays: Automated endpoint determination and standardization of the *in vitro* tissue culture bioassay, and comparison with the standard mouse bioassay. *Toxicon* 30(10): 1143-1156.
- Jellett, J.F., L.M. Marks, J.E. Stewart, W. Watson-Wright,** and M.L. Dorey. 1992. A comparison of the modified mouse neuroblastoma cell bioassay for paralytic shellfish poison (saxitoxin) with the standard AOAC mouse bioassay, p. 14. In J.-C. Therriault and M. Levasseur [ed.] Proc. Third. Can. Workshop on Harmful Marine Algae. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1893. (Abstract)
- Jellett, J.F.,** and J.E. Stewart. 1992. The role of bacteria in the growth and production of paralytic shellfish poisons by the toxic dinoflagellate *Alexandrium tamarense*, p. 15. In J.-C. Therriault and M. Levasseur [ed.]. Proceedings of the Third Canadian Workshop on Harmful Marine Algae. Maurice-Lamontagne Institute, Mont-Joli, Québec, May 12-14, 1992. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1893.(Abstract)
- Johnson, B.D.** and P.E. Kepkay. 1992. Colloid transport and bacterial utilization of oceanic DOC. *Deep-Sea Res.* 39: 855-869.
- Judson, G., R. Semple,** and G. Sharp. 1992. Seaweed resources of Prince Edward Island. Canada. Abstracts and Programme, XIV International Seaweed Symposium.
- Kenchington, E.** and M.J. Lundy. 1992. 1992 Brier Island and Lurcher Shoal (Bay of Fundy) Scallop Stock Status. CAFSAC Invertebrate Committee Summary Sheet, November 1992.
- Kenchington, E.** and Lundy, M.J. 1992. 1991 Digby (Bay of Fundy) Scallop Stock Assessment. CAFSAC Res. Doc. 92/41, 27pp.
- Kenchington, T.J., R.G. Halliday,** and G.D. Harrison. 1992. Fishing grounds exploited in 1990 by longliners based in Canada's Scotia-Fundy Region. NAFO SCR Doc. 92/52, Serial No. N2104: 34 p.
- Kenchington, E.** and M.J. Lundy. 1992. 1992 Digby (Bay of Fundy) Scallop Stock Status. CAFSAC Invertebrate Committee Summary Sheet, November 1992.
- Kepkay, P.E.** and M.L. Wells. 1992. Dissolved organic carbon in north Atlantic surface waters. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 80: 275-283.
- Kerr, S.R.,** and R.A. Ryder. 1992. Effects of cultural eutrophication on coastal marine fisheries. *Sci. Total Environ. (Suppl.):* 599-614.
- Komourdjian, M.K.** and R.L. Saunders. 1992. Cells with affinity for periodic acid-Schiff are present in the pars intermedia of Atlantic salmon. *Can. J. Zool.* 69: 3105-3108.
- Koshio, S., Castell, J.D.** and O'Dor, R.K. 1992. The effect of different dietary energy levels in crab-protein-based diets on digestibility, oxygen consumption, and ammonia excretion of bilaterally eyestalk-ablated and intact juvenile lobsters, *Homarus americanus*. *Aquaculture* 108:285-297.
- Kywalyanga, M., T. Platt** and S. Sathyendranath. 1992. Ocean primary production calculated by spectral and broadband models. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 85: 171-185.
- Lacroix, G.L.** 1992. Mitigation of low stream pH and its effects on salmonids. *Environmental Pollution* 78: 157-164.
- Lall, S.P.** and O.J. Torrissen. 1992. Nutrition and feeding of marine cold water fish, p. 688-696. In M.K. Stopskopf [ed.] *Fish Medicine*. Saunders Press, N.Y.
- Lall, S. P.** 1992. Nutritional and chemical characteristics of Canadian fish meal and oil. Expert Committee on Animal Nutrition Meeting. Truro, N. S., May 31-June 2, 1992.(Abstract)
- Lall, S. P.** 1992. Report from the Canadian Working Group on Finfish Nutrition. Expert Committee on Animal Nutrition Meeting. Truro, N. S., May 31-June 2, 1992. (Abstract)
- Lall, S.P.,** and J.D. Castell. 1992. Fish and invertebrate nutrition, p. 42-46. In J. Cook [ed.] *Science Review 1991 & '91*. Dep. Fish. and Oceans, Dartmouth, N.S.
- Lall, S. P., S. J. Kaushik,** and R. A. Keith. 1992. Quantitative arginine requirement of Atlantic salmon (*Salmo salar*) reared in seawater, p 6. IV Int. Symp. Fish Nutrition and Feeding. Santiago, Chile, September 7-10, 1992. (Abstract)
- Lambert, T.C.** 1992. Subdivision 4Vn cod (May-December): Update of stock status for 1991. CAFSAC Res. Doc. 92/81.
- Lavoie, R., D. Scarratt, K. Freeman,** and B. Bradford. 1992. Shellfish culture in Nova Scotia, p. 47-52. In J. Cook [ed.] *Science Review 1990 & '91*. Dep. Fish. and Oceans, Dartmouth, N.S.
- Lawson, J.W., G.D. Harrison,** and W.D. Bowen. 1992. Factors affecting the accuracy of age determination in harp seals. *Marine Mammal Sci.* 8: 169-171.
- Lawton, P.** 1992. Identification of lobster areas in the vicinity of proposed, current and possible future aquaculture sites in south-western New Brunswick. Interim Report to the New Brunswick Department of Fisheries and Aquaculture. 77 p.
- Lawton, P.,** and D.A. Robichaud. 1992. Lobster habitat ecology research in the Bay of Fundy, p. 53-56. In J. Cook [ed.] *Science Review 1990 & '91*. Dept. Fish. and Oceans, Dartmouth, N.S.
- Lawton, P.,** and D.A. Robichaud. 1992. Update on the fishing season extension issue in Lobster Fishing Area 36. CAFSAC Res. Doc. 92/20: 22 p.
- Lawton, P.,** and R.K. Zimmer-Faust. 1992. Context-sensitivity in crab foraging studies. *Amer. Zool.* 32: 396-404.
- Li, W.K.W., P.M. Dickie, W.G. Harrison,** and B.D. Irwin. 1992. Biomass and production of bacteria and phytoplankton during the spring bloom in the western North Atlantic Ocean. *Deep-Sea Res. II*, 40: 307-327.
- Li, W.K.W., P.M. Dickie, B.D. Irwin,** and A.M. Wood. 1992. Biomass of bacteria, cyanobacteria, prochlorophytes and photosynthetic eukaryotes in the Sargasso Sea. *Deep-Sea Res.* 39: 501-519.
- Li, W.K.W., M.R. Lewis,** and A. Lister. 1992. Flow cytometric detection of prochlorophytes and cyanobacteria in the Gulf of Policastro, Italy. *Archiv für Hydrobiol.* 124: 309-316.
- Loder, J.W., D. Brickman,** and E.P.W. Horne. 1992. Detailed structure of currents and hydrography on the northern side of Georges Bank. *J. Geophys. Res.*, 97: 14331-14351.
- Loder, J.W., R.I. Perry, K.F. Drinkwater, J. Grant, G.C. Harding, W.G. Harrison, E.P.W. Horne, N.S. Oakey, C.T. Taggart, M.J. Tremblay, D. Brinkman** and M.M. Sinclair. 1992. Physics and biology of the Georges Bank frontal system, p. 57-61. In J. Cook [ed.] *Science Review 1990 & '91*. Dep. Fish. and Oceans, Dartmouth, N.S.
- Longhurst, A.R.** and R. Williams. 1992.

- Vertical carbon flux by seasonally migrating copepods is a small number. *J. Plank. Res.* 14 (11).
- Longhurst, A.R., Koike, W.K.W. Li, J. Rodriguez, P. Dickie, P. Kepkay, F. Partensky, B. Bautista, J. Ruiz, M. Wells and D. Bird.** 1992. Sub-micron particles in northwest Atlantic shelf water. *Deep-Sea Res.* 39: 1-7.
- Lundy, M.J., and E. Kenchington.** 1992. Brier Island Revisited: A 1991 Scallop Stock Status Report. CAFSAC Res. Doc. 92/42, 15pp.
- MacPhail, D.K.** 1992. Ages of the salmon broodstock collected in the Scotia-Fundy Region during 1991. Internal Document 92-04, 36 p.
- Mann, K.H.** 1992. Review of M.I. El-Sabh and N. Silverberg [ed.], *Oceanography of a large-scale estuarine system: The St. Lawrence*. *Quart. Rev. Biol.* 67: 220.
- Mann, K.H.** 1992. The extent and importance of rockweed as a habitat for finfish, shellfish, and other species. CAFSAC Res. Doc. 92/116: 8p.
- Mann, K.H.** 1992. Physical influences on biological processes: How important are they? *S. Afr. J. Mar. Sci.* 12: 107-121.
- Marcogliese, D.J., and G. McClelland.** 1992. *Corynosoma vegeneri* (Acanthocephala: Polymorphida) and *Pseudoterranova decipiens* (Nematoda: Ascaridoidea) larvae in Scotian Shelf groundfish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 2062-2069.
- Marks, L.J., J.E. Stewart, and T. Hastein.** 1992. Evaluation of an indirect fluorescent antibody technique for detection of *Aerococcus viridans* (var. *homari*), pathogen of homarid lobsters. *Dis. Aquat. Org.* 13: 133-138.
- Marshall, T.L.** 1992. Assessment of Atlantic salmon of the Saint John River, N. B., above Mactaquac, 1991. CAFSAC Res. Doc. 92/74, 22 + v p.
- Marshall, T.L., P.G. Amiro, J.A. Ritter, B.M. Jessop, R.E. Cutting, and S.F. O'Neil.** 1992. Perfunctory estimates of allowable harvests of Atlantic salmon in 18 rivers of Scotia-Fundy Region. CAFSAC Res. Doc. 92/16, 28 p.
- Martell, D.J., and G. McClelland.** 1992. Prey spectra of pleuronectids (*Hippoglossoides platessoides*, *Pleuronectes ferrugineus*, *Pleuronectes americanus*) from Sable Island Bank. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1895: vi + 20 p.
- Martin, J.L. and D.J. Wildish.** 1992. Integrated water column versus Niskin bottle sampling in the southwest Bay of Fundy, p. 18-19. In J.-C. Therriault and M. Levasseur [ed.] *Proc. Third. Can. Workshop on Harmful Marine Algae*. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1893. (Abstract)
- McLean, E.J.** 1992. Quality evaluation of hatchery-reared 1+ Atlantic salmon smolts. Internal Document 92-03, 129 p.
- McLean, E.J.** 1992. Quality evaluation of hatchery-reared 2+ Atlantic salmon smolts. Internal Document 92-04, 36 p.
- Melvin, G.D., M.J. Dadswell, and J.A. McKenzie.** 1992. The usefulness of meristic and morphometric characters in discriminating populations of American shad (*Alosa sapidissima*), inhabiting a marine environment. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 266-280.
- Melvin, G.D. and F.J. Fife.** 1992. Comparison of Canadian and United States larval herring surveys on Georges Bank: 1987-91. CAFSAC Res. Doc. 92/67: 27 p.
- Melvin, G.D., J.B. Sochasky, M.J. Power, F.J. Fife, and W.H. Dougherty.** 1992. Georges Bank (5Z) herring - 1992 update. CAFSAC Res. Doc. 92/68: 22 p.
- Miller, R.** 1992. Strengths of lobster fishery management in Scotia-Fundy. CAFSAC - The Year of the Lobster. (Abstract)
- Miller, R.J., A. Campbell, G.J. Sharp, and C. Hudon.** 1992. Are juvenile lobsters habitat limited? p.33-42. In Y. de LaFontaine, G. Lilly, T. Lambert, and R. Miller [ed.] *Proceedings of the Workshop "Juvenile stages: the missing link in fisheries research"*, held at BIO October 1-3, 1991. *Can. Tech. Rep. Fish and Aquat. Sci.* 1890.
- Mohn, R.** 1992. Length-based Virtual Population Analysis: A review and swordfish example. ICCAT Collected Volume of Scientific Papers. XXXIX(2): 503-514.
- Mohn, R.** 1992. Introduction to Sequential Population Analysis. Workbook written for NAFO Special Session of Fish Stock Assessment: A Tutorial/Workshop in Calibration Methods and Their Practical Use. Dartmouth, N.S., September 9-11, 1992: 44 p.
- Mohn, R., and W.J. MacEachern.** 1992. Assessment of 4VsW cod in 1991. CAFSAC Research Document 92/54: 37 p.
- Mohn, R., D. Parsons, and L. Savard.** 1992. Report of CAFSAC Special Meeting Invertebrate and Marine Plant Subcommittee: Shrimp management alternatives. December 5-8, 1989. Ottawa, Canada. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1884: 30 p.
- Morin, B., C. Hudon, and F. Whoriskey.** 1992. Environmental influences on seasonal distribution of coastal and estuarine fish assemblages at Wemindji, eastern James Bay. *Environ. Biol. Fish.* 35: 219-229.
- Morrison, C.M.** 1992. The digestive tract of the cod eleutheroembryo ("yolk-sac larva") and larva. *Bulletin of the Canadian Society of Zoologists.* 23:92.(Abstract)
- Morrison, C.M., and G. McClelland.** 1992. (Book review) Grabda, J. 1991. "Marine Fish Parasitology: An Outline". Polish Scientific Publications, Warsaw. In *Europ. J. Protistol.* 28: 249-250.
- Morrison, C.M., and R.E. Zurbrigg.** 1992. Cold-water commercial marine fish anatomy and physiology, p.672-684. In M.K. Stopskoff [ed.] *Fish Medicine*, W.B. Saunders Co., Toronto, Montreal.
- Muir, D.C.G., R. Wagemann, B.T. Hargrave, D.J. Thomas, D.B. Peakall, and R.J. Norstrom.** 1992. Arctic marine ecosystem contamination. *Sci. Total Environ.* 122: 75-134.
- Muschenheim, D.K., and C.R. Newell.** 1992. Utilization of seston flux over a mussel bed. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 85: 131-136.
- Nolan, S. and R. Miller.** LFA 33 lobster fishery statistics. CAFSAC summary sheet.
- Nolan, S. and R. Miller (Abs.).** Lobster assessment methodology. CAFSAC-The Year of the Lobster.
- Novelli, A., J. Kispert, M.T. Fernandez-Sanches, A. Torreblanca, and V. Zitko.** 1992. Domoic acid-containing toxic mussels produce neurotoxicity in neuronal cultures through a synergism between excitatory amino acids. *Brain Res.* 577: 41-48.
- Novelli, A., M.T. Fernandez-Sanches, J. Kispert, A. Torreblanca, S. Gascon, and V. Zitko.** 1992. The amnesic shellfish poison domoic acid enhances neurotoxicity by excitatory amino acids in cultured neurons. *Amino Acids* 2: 233-244.
- O'Boyle, R., K. Drinkwater, B. Petrie, T.W. Rowell, and W.P. Vass.** 1992. The Atlantic Fisheries Adjustment Program, p.68-74. In J. Cook [ed.] *Science Review 1990 & '91*. Dep. Fish. and Oceans, Dartmouth, N.S.
- O'Flynn, F.M., R.L. Saunders, J.D. Martin, G.W. Friars, J.K. Bailey, and J.M. Terhune.** 1992. The effect of extended daylength on early sexual maturation and growth in Atlantic salmon (*Salmo salar*) reared in sea cages. *Salmon Genetics Res. Prog. Tech. Rep. Ser.* 151: 14 p.
- Olivier, G., S.G. Griffiths, J. Fildes and W.H. Lynch.** 1992. The use of Western blot and electroimmunotransfer blot assays to monitor bacterial kidney disease in experimentally



- challenged Atlantic salmon, *Salmo salar* L. J. Fish Dis. 15: 229-241.
- Olivier, G.** 1992. Furunculosis in the Atlantic provinces: an overview. Bull. Aquacul. Assoc. Canada 92-1; 4-10.
- Olivier, G.** and J. Daly. 1992. Research progress in fish disease detection, diagnosis and control. Aquatech 92 "Progress and profits from research" Halifax, Nova Scotia, March 2-3, 1992.(Abstract)
- Olivier, G., A. R. Moore, and J. Fildes.** 1992. Toxicity of *Aeromonas salmonicida* cells to Atlantic salmon, *Salmo salar*, peritoneal macrophages. Dev. Comp. Immunol. 16: 49-61.
- Ouellet, P., C.T. Taggart, and K.T. Frank.** 1992. Lipid condition and survival in shrimp (*Pandalus borealis*) larvae. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 368-378.
- Page, F.H., and R. Losier.** 1992. Near-bottom temperature conditions during Canadian groundfish bottom-trawl surveys conducted within the Scotia-Fundy Region, NAFO areas 4VWX and 5Z, between 1970 and 1992. CAFSAC Working Paper 92/156.
- Page, F.H., and R. Losier.** 1992. Summer hydrographic conditions on the eastern Scotian Shelf in 1992. CAFSAC Working Paper 92/184.
- Page, F., and S. Robinson.** 1992. Salmon farming in the Bay of Fundy: a chilling reminder. World Aquacult. 23(4): 31-34.
- Paine, M.D., W.C. Leggett, J.K. McRuer, and K.T. Frank.** 1992. Effects of *Hibernia* crude oil on capelin (*Mallotus villosus*) embryos and larvae. Mar. Environ. Res. 33: 159-187.
- Parsons, G.J., S.M.C. Robinson, R.A. Chandler, L.A. Davidson, M. Lanteigne, and M.J. Dadswell.** 1992. Intra-annual and long-term patterns in the reproductive cycle of giant scallops *Placpecten magellanicus* (Bivalvia: Pectinidae) from Passamaquoddy Bay, New Brunswick, Canada. Mar. Ecol. Prog. Ser. 80: 203-214.
- Parsons, G.J., C.R. Warren-Perry, and M.J. Dadswell.** 1992. Movements of juvenile scallops *Placopecten magellanicus* (Gmelin, 1791) in Passamaquoddy Bay, New Brunswick. J. Shellf. Res. 11: 295-298.
- Payne, A.I.L., K.H. Brink, K.H. Mann, and R. Hillborn [ED.]** 1992. Benguela trophic functioning. Proceedings of a symposium. S. Afr. J. Mar. Sci. 12: 1-884.
- Peer, D., N. Prouse, and G. Seibert.** 1992. Concerns addressed in the ocean dumping permit process, p. 84-86. In J. Cook [ed.] Science Review 1990 & '91. Dep. Fish. and Oceans, Dartmouth, N.S.
- Pena, M. Angelica, W.G. Harrison and M.R. Lewis.** 1992. New production in the central Equatorial Pacific. Mar. Ecol. Prog. Ser., 80: 265-274.
- Perry, I.A., G.C. Harding, J.W. Loder, M.J. Tremblay, M. Sinclair, and K.F. Drinkwater.** 1992. Zooplankton distributions at the Georges Bank frontal system: retention or dispersion? Cont. Shelf Res. 13(4): 357-383.
- Peterson, R.H. and A. Sreedharan.** 1992. Water content of Atlantic salmon fry at first feeding in southern New Brunswick hatcheries. Prog. Fish. Cult. 54: 181-183.
- Peterson, R.H. and L. Van Eeckhaute.** 1992. Distributions of Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera of three maritime catchments differing in pH. Freshwater Biology 27: 65-78.
- Pezzack, D.S.** 1992. A review of lobster (*Homarus americanus*) landing trends in the northwest Atlantic. J. Northw. Atl. Fish. Sci., Vol. 14: 115-127.
- Pezzack, D.S.** 1992. Overview Scotia Fundy, and LFA 34. 1992 CAFSAC Lobster Summary Sheets.
- Pezzack, D.S.** 1992. Book Review: Lobsters: Florida, Bahamas, the Caribbean. Lobster Newsletter 5(1).
- Pezzack, D.S. and D. R. Duggan.** 1992. LFA 41. 1991 Lobster Summary Sheet.
- Pezzack, D.S. and D. R. Duggan.** 1992. LFA 41. 1992 CAFSAC Lobster Summary Sheet.
- Pezzack, D. S., M.J. Tremblay, C. Hudon, and R. J. Miller.** 1992. The inshore-offshore lobster issue in southwestern Nova Scotia. Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci. 2165: 23p.
- Phillips, G.A., and B.T. Hargrave.** 1992. Intercalibration of organochlorine residues in biota. Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci. 879: iv + 65 p.
- Platt, T., S. Sathyendranath, O. Ulloa, W.G. Harrison, N. Hoepffner, and J. Goes.** 1992. Nutrient control of phytoplankton photosynthesis in the western North Atlantic. Nature 356: 229-231.
- Platt, T., P. Jauhari, and S. Sathyendranath.** 1992. The importance and measurement of new production, p.273-284. In P.G. Falkowski and A.D. Woodhead [ed.] Primary Productivity and Biogeochemical Cycles in the Sea. Plenum Press.
- Pohle, G.** 1992. First Canadian record of *Paralomis bouvieri* Hansen, 1908 (Decapoda: Anomura: Lithodidae), infected by the rhizocephalan *Briarosaccus callosus* (Cirrepedia: Peltogastridae) and carrying a hyperparasitic cryptoniscinid isopod (Epicaridea). Can. J. Zool. 70: 1625-1629.
- Pohle, G., T.J. Kenchington, and R.G. Halliday.** 1992. Potentially exploitable deepwater resources off Atlantic Canada. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1843: v + 79 p.
- Porter, J.M.** 1992. Swordfish research and assessment, p.87-90. In J. Cook [ed.] Science Review 1990 & 91. Dep. Fish. and Oceans, Dartmouth, N.S.
- Porter, J.M., and W.E. Hogans.** 1992. A mark-recapture experiment on bluefin tuna (*Thunnus thynnus*, Linn.) from the Browns-Georges Banks region of the Canadian Atlantic. Int. Comm. Conserv. Atl. Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap. (Madrid) 39: 689-691.
- Renaud, C.B., and C.M. Morrison.** 1992. Histological evidence from nuptial tubercles for the respective monophyly of the genera *Gadus* and *Boreogadus* (Gadidae). Copeia. 4: 1088-1094.
- Ritter, J.A., and R.E. Cutting.** 1992. Science and Salmon Management in the 1990s, p.96-99. In J. Cook [ed.] Science Review 1990 & '91. Dep. Fish. and Oceans, Dartmouth, N.S.
- Ritter, J.A., and T.L. Marshall.** 1992. Management of the Atlantic salmon (*Salmo salar*) resource of Saint John River, New Brunswick, p. 205-218. In R.H. Stroud [ed.] Fisheries management: Dealing with development in the watershed. Amer. Fish. Symposium 13.
- Robert, G., and M.A.E. Butler.** 1992. Scallop fishing grounds on the Scotian Shelf - 1991. CAFSAC Res. Doc. 92/34: 27p.
- Robinson, S.M.C.** 1992. Periwinkle fishery is growing. Atlantic Fish Farming 5(7): 8.
- Robinson, S.M.C. [ED.]** 1992. The Canadian Connection in the National Shellfish Association Newsletter.
- Robinson, S.M.C.** 1992. Enhancement of natural spat settlement in the soft-shell clam, *Mya arenaria*. J. Shellfish Res. 11: 206 (Abstract)
- Robinson, S.M.C., and R.A. Chandler.** 1992. An effective and safe method for sorting small molluscs from sediment. Limno. & Ocean. 38(5): 1088-1091.
- Robinson, S.M.C., J.D. Martin, and R.A. Chandler.** 1992. Grand Manan and Cape Spencer scallop stock update: 1990-1991. CAFSAC Res. Doc. 92/79: 23 p.
- Robinson, S.M.C., J.D. Martin, and R.A. Chandler.** 1992. Assessment of a large mortality of scallops in the Bay of Fundy. CAFSAC Res. Doc. 92/80: 13 p.
- Robinson, S.M.C., J.D. Martin, R.A. Chandler, G.J. Parsons, and C.Y. Couturier.** 1992. Larval settlement patterns of the giant scal-

- lop (*Placopecten magellanicus*) in Passamaquoddy Bay, New Brunswick. CAFSAC Res. Doc. 92/115: 26 p.
- Roddick, D.L.** 1992. Banquereau Bank Arctic surfclam *Mactromeris polynyma*, 1992. CAFSAC Invertebrate Committee Summary Sheet, November 1992.
- Roddick, D.L., and D. Lemon.** 1992. Exploratory Survey for Small Arctic Surfclams on the Eastern Scotian Shelf. Can. Ind. Rep. Fish. Aquat. Sci. 215: 33pp.
- Roddick, D.L., and R.J. Miller.** 1992. The spatial and temporal overlap of the American lobster and giant scallop as related to the impact of inshore scallop dragging. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 7: 1486-1492.
- Ross, P.S., I.K.G. Visser, M.W.G. van de Bildt, W.D. Bowen, and A.D.M.E. Osterhaus.** 1992. Phocine distemper virus enzootic in Canadian seals: Implications for the European outbreak of 1988. The Veterinary Record 130: 514-516.
- Rowell, T.W.** 1992. Destruction of a clam population (*Mya arenaria* Linné) through the synergistic effects of habitat change and predation by a nemertean (*Cerebratulus lacteus* Verrill). Proc. 25<sup>th</sup> Europ. Mar. Biol. Symp.: 263-269.
- Salmon Genetics Research Program.** 1992. Newsletter on Salmon Genetics Research Program, January 1992.
- Salmon Genetics Research Program.** 1992. Newsletter on Salmon Genetics Research Program, August 1992.
- Salmon Genetics Research Program.** 1992. Salmon Genetics Research Program Annual Report 1991/92. Atlantic Salmon Federation, St. Andrews.
- Sameoto, D. D. and A. Herman.** 1992. Effects of the outflow from the Gulf of St. Lawrence on Nova Scotia shelf zooplankton. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 857-869.
- Saunders, R.L.** 1992. Enhancing smolt production. World Aquacult. 23(3): 37-39.
- Saunders, R.L., A.P. Farrell, and D.E. Knox.** 1992. Progression of coronary arterial lesions in Atlantic salmon (*Salmo salar*) as a function of growth rate. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 878-884.
- Saunders, R.L. and F.M. O'Flynn.** 1992. Physiological indications of smolt development in fibreglass and concrete tanks. Ann. Rep. Salmon Genetics Res. Prog. 1991/1992: 18-19.
- Schneider, F.I., and K.H. Mann.** 1991. Rapid recovery of fauna following simulated ice rafting in a Nova Scotia seagrass bed. Mar. Ecol. Prog. Ser. 78: 57-70.
- Siferd, T.D. and R.J. Conover.** 1992. An opening-closing plankton net for horizontal sampling through polar sea-ice. Sarsia 76: 273-277.
- Siferd, T.D. and R.J. Conover.** 1992. Natural history of ctenophores in the Resolute Passage area of the Canadian high arctic with special reference to *Mertensia ovum*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 86: 133-144.
- Sigurgisladdottir, S.M., S.P. Lall, C.C. Parrish, and R.G. Ackman.** 1992. Cholestane as a digestibility marker in the absorption of polyunsaturated fatty acid ethyl esters in Atlantic salmon. Lipids. 27: 418-424.
- Silverstone, M.** 1992. Chamcook salmon saga. Salar 11(4): 8-9.
- Silvert, W.L.** 1992. BSIM Cookbook Supplement for Unit and VAX-VMS Systems. BSIM-Central. DFO Internal Rep.: 7 p. (Manual)
- Silvert, W.L.** 1992. BSIM Cookbook Supplement for MS-DOS. BSIM-Central. DFO Internal Rep.: 8 p. (Manual)
- Silvert, W.L.** 1992. Introduction to BSIM. BSIM-Central. DFO Internal Rep.: 5 p. (Manual)
- Silvert, W.L.** 1992. Many risks, many models: Addressing the variety of problems that pollution can cause. ICES 1992 Mini-Symposium on Ecosystem Modelling as a Tool to Predict Pollution Associated Risks for the Marine Environment. Proceedings of the International Council for the Exploration of the Sea Statutory Meeting. ICES C.M.1992/Mini:4: 4 p.
- Silvert, W.L.** 1992. Assessing environmental impacts of finfish aquaculture in marine waters. Aquacult. 107: 67-71.
- Silvert, W.L., and D.V. Subba Rao.** 1992. Dynamic model of the flux of domoic acid, a neurotoxin, through the *Mytilus edulis* population of Cardigan Bay, P.E.I. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49(2): 400-405.
- Sinclair, M., S. Wilson, and D.V. Subba Rao.** 1992. Overview of the biological oceanography of the Gulf of Maine, p. 91-111. In J. Wiggins and C.N.K. Mooers [ed.] Proceedings of the Gulf of Maine Scientific Workshop, Woods Hole, Massachusetts, 8-10 Jan. 1991. Gulf of Maine Council on the Marine Environment. Urban Harbors Institute, University of Massachusetts, Boston.
- Smith, S.J., and G. Robert.** 1992. Scallops, sampling and the law. American Statistical Association 1991 Proceedings of the Section on Statistics and the Environment: 102-109.
- Smith, T.E., and S.R. Kerr.** 1992. Introductions of species transported in ships' ballast waters: The risk to Canada's marine resources. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1867: vi + 16 p.
- Smith, W.O., Jr. and W.G. Harrison.** 1992. New production in polar regions: the role of environmental controls. Deep-Sea Res., 38: 1463-1479.
- Stefansson, S.O., A.E. Berg, T. Hansen, and R.L. Saunders.** 1992. The potential for development of salinity tolerance in underyearling Atlantic salmon (*Salmo salar*). World Aquacult. 23(2): 52-55.
- Stephenson, R.L.** 1992. An overview of herring assessments in the northeast and northwest Atlantic. ICES C.M. 1992/H:26: 7 p.
- Stephenson, R.L., M.J. Power, J.B. Sochasky, W.H. Dougherty, F.J. Fife, G.D. Melvin, and D.E. Lane.** 1992. 1991 4WX herring assessment. CAFSAC Res. Doc. 92/69: 51 p.
- Stevenson, D.K. and S.E. Campana [ED.]** 1992. Otolith microstructure examination and analysis. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 117: 130 pp.
- Stewart, J.E.** 1992. Invertebrates, p. 53-56. In J. Wong [ed.]. Proceedings of the Canadian Council on Animal Care Workshop on Animal Care Committees: Role and Responsibilities. Can. Coun. Anim. Care, Ottawa.
- Stewart, J.E., and R.H. Cook.** 1992. Final progress report of the Study Group on the Potential for Culture of Species. ICES C.M.1992/F3 (Maricult. Comm.): 24 + Append.
- Stobo, W.T., G.M. Fowler, and A.F. Sinclair.** 1992. Short-term tagging mortality of laboratory held juvenile Atlantic herring (*Clupea h. harengus*). J. Northw. Atl. Fish. Sci. 12: 27-33.
- Storey, A.E., R.E. Anderson, J.M. Porter, and A. McCharles.** 1992. Absence of parent-young recognition in kittiwakes: a re-examination. Behaviour 120: 302-323.
- Strong, M.B.** 1992. Variability of trawl performance on Scotia-Fundy groundfish surveys. CAFSAC Res. Doc. 92/58: 24 p.
- Subba Rao, D.V., F. Partensky, G.D. Wohlgeschaffen, and W.K.W. Li.** 1992. Gametogenesis in *Nitzschia pungens* f. *multiseries*. J. Phycol. 28: 574-576.
- Subba Rao, D.V., and Y. Pan.** 1992. Physiological ecology of *Dinophysis norvegica*, a redwater bloom species, in Bedford Basin, Nova Scotia, p. 43. In J.-C. Therriault and M. Levasseur [ed.] Proceedings of the Third Canadian Workshop on Harmful Marine Al-

- gae. Maurice Lamontagne Institute, Mont-Joli, Québec, May 12-14, 1992. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1893. (Abstract)
- Subba Rao, D.V., J. Sita Devi, and J.S.S. Lakshminarayana.** 1992. Harmful marine phytoplankton of Canadian Atlantic waters, p. 43. In J.-C. Therriault and M. Levasseur [ed.] Proceedings of the Third Canadian Workshop on Harmful Marine Algae. Maurice Lamontagne Institute, Mont-Joli, Québec, May 12-14, 1992. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1893. (Abstract)
- Sulak, K.J.** 1992. Guide to adult flatfishes (poissons plats) of the Canadian Atlantic. Atlantic Reference Centre Species ID Leaflet No. 91-01F: 22 p.
- Suthers, I.M., A. Fraser, and K.T. Frank.** 1992. Comparison of lipid, otolith and morphometric condition indices of pelagic juvenile cod (*Gadus morhua*) from the Canadian Atlantic. Mar. Ecol. Prog. Ser. 84: 31-40.
- Taylor, S.** 1992. Halibut ho! Northern Aquacult. 8(1): 23-24, 32.
- Thiebaut, M.L., P.R. Boudreau, and L.M. Dickie.** 1991. An analytical model of acoustic fish reflection for estimation of maximum dorsal aspect target strength. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48: 1772-1782.
- Thiebaut, M.L., and L.M. Dickie.** 1992. Models of aquatic biomass size spectra and the common structure of their solutions. J. Theor. Biol. 159: 147-161.
- Thouzeau, G.** 1992. Biological interactions between sea scallops (*Placopecten magellanicus*) and other benthic megainvertebrates on Georges Bank, Northwest Atlantic. Marine Benthic Ecology Meeting, 1992, Newport, R.I., U.S.A. (Abstract)
- Tremblay, M.J., M. Eagles, and R. W. Elner.** 1992. Trial use of a claw gauge as an alternate measure of minimum legal size in the snow crab fishery of eastern Cape Breton (Area 23). CAFSAC Res. Doc. 92/24. 11p.
- Tremblay, M.J., R.S. Rodger, and D.S. Pezzack.** 1992. Evaluating trends in catch rate from voluntary fishing logs in the Nova Scotia lobster fishery. CAFSAC Res. Doc. 92/121: 21p.
- Tremblay, M.J., and M. Sinclair.** 1992. Planktonic sea scallop larvae (*Placopecten magellanicus*) in the Georges Bank region: broadscale distribution in relation to physical oceanography. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 1597-1615.
- Trippel, E.A., and J.D. Neilson.** 1992. Fertility and sperm quality of virgin and repeat-spawning Atlantic cod (*Gadus morhua*) and associated hatching success. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 2118-2127.
- Tsukimura, B., S. Waddy, J.M. Vogel, and D.W. Borst.** 1992. The regulation of vitellogenesis in the lobster, *Homarus americanus*. Amer. Zool. 32: 28A (Abs.)
- Ugarte, R.A., J. Pringle, and R. Duggan.** 1992. A field study of embryo development and ovigerous female *Homarus americanus* behaviour in relation to temperature. First European Crustacean Conference, Paris, August 1992. (Abstract)
- Ulloa, O., S. Sathyendranath, T. Platt and R.A. Quiñones.** 1992. Light scattering by marine heterotrophic bacteria. J. Geophys. Res. - Oceans 97(C6): 9619-9629.
- Volterra, L., and S.R. Kerr.** 1992. Summary of discussions of Workshop 2: Impact of Marine Eutrophication on Humans and Economic Activities. Sci. Total Environ. (Suppl.): xix-xx.
- Waddy, S.L. [ED.]** 1992. Bull. Aquacult. Assoc. Can. 92-1: 72 p.
- Waddy, S.L. [ED.]** 1992. Bull. Aquacult. Assoc. Can. 92-2: 24 p.
- Waddy, S.L. [ED.]** 1992. Bull. Aquacult. Assoc. Can. 92-3: 88 p.
- Waddy, S.L. [ED.]** 1992. Bull. Aquacult. Assoc. Can. 92-4: 36 p.
- Waddy, S.L., and D.E. Aiken.** 1992. Seasonal variation in spawning response of preovigerous lobster (*Homarus americanus*) to manipulation of photoperiod and temperature. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 1114-1117.
- Waddy, S.L., and D.E. Aiken.** 1992. Environmental intervention in the reproductive process of the American lobster, *Homarus americanus*. Invert. Reprod. Develop. 22: 245-252.
- Waiwood, K.G.** 1992. Continuing studies on Atlantic halibut. The Water Column (Winter 1992)
- Waiwood, B.A., K. Haya, and L. Van Eeckhaute.** 1992. Energy metabolism of hatchery-reared juvenile salmon (*Salmo salar*) exposed to low pH. Comp. Biochem. Physiol. 101C: 49-56.
- Waldron, D.E.** 1992. Diet of silver hake (*Merluccius bilinearis*) on the Scotian Shelf. J. Northw. Atl. Fish. Sci., Vol. 14: 87-101.
- Waldron, D.E., M.A. Showell, and M.C. Bourbonnais.** 1992. Status of the Scotian Shelf silver hake (whiting) population in 1991 with projections to 1993. NAFO SCR Doc. 92/50.
- Watson-Wright, W.M., M.M. Maher, G.G. Sims, and J.F. Lawrence.** 1992. Cooking-induced changes in toxicity and profile of paralytic shellfish poisons in lobster hepatopancreas, p.99. VIII Int. IUPAC Symp. on Mycotoxins and Phycotoxins, Mexico City, November 1992. (Abstract)
- Watson-Wright, W.M., G. Sims, C. Smyth, M. Gillis, M. Maher, D.E. Sinclair, and M. Gilgan.** 1992. Identification of tetramine as toxin causing food poisoning in Atlantic Canada following ingestion of whelks (*Neptuna decemcostata*). Proc. 10th World Congress on Animal, Plant and Microbial Toxins 2: 634-641.
- Watson-Wright, W.M., C. Smyth, G. Sims, J. Marr, J. Lawrence, D. Sinclair, and M. Gilgan.** 1992. Recent food safety incidents involving marine biotoxins in Atlantic Canada, p. 69-79. In K. Mise and J.L. Richard [ed.] Proc. 7th UJNR Int. Symp. on Emerging Food Safety Problems Resulting from Microbial Contamination, Tokyo, Japan.
- Watt, W.D. and W.J. White.** 1992. Creating a de-acidified Atlantic salmon refuge in the East River, Nova Scotia. Atlantic Region LRTAP Monitoring and Effects Report for 1991, p.108-147. Environment Canada, Dartmouth, NS.
- Welch, H.E., M.A. Bergmann, T.D. Siferd, K.A. Martin, M.F. Curtis, R.E. Crawford, R.J. Conover and H. Hop.** 1992. Energy flow through the marine ecosystem of the Lancaster Sound region. Arctic 45(4): 343-357.
- Werner, F.E., F.H. Page, D.R. Lynch, J.W. Loder, R.G. Lough, R.I. Perry, D.A. Greenberg, and M.M. Sinclair.** 1992. Influences of mean advection and simple behaviour on the distribution of cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) on Georges Bank, p.319. EOS 73(43). (Abstract)
- Wildish, D.J.** 1992. The effect of flow on the suspension feeding of molluscs, p.108-110. In J. Cook [ed.] Science Review 1990 & '91. Dep. Fish. and Oceans, Dartmouth, N.S.
- Wildish, D.J., D.D. Kristmanson, and A.M. Saulnier.** 1992. Interactive effect of velocity and seston concentration on giant scallop feeding inhibition. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 155: 161-168.
- Wildish, D.J., J.L. Martin, and M. Ringuette.** 1992. Methods to assess potentially harmful microalgae in the Bay of Fundy salmonid culture industry, p.23. In J.-C. Therriault and M. Levasseur [ed.] Proc. Third. Can. Workshop on Harmful Marine Algae. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1893. (Abstract)
- Wildish, D.J., and A.M. Saulnier.** 1992. The

- effect of velocity and flow direction on the growth of juvenile and adult giant scallops. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 155: 133-143.
- Wildish, D.J., A.J. Wilson, and B. Frost.** 1992. Benthic boundary layer macrofauna of Browns Bank, northwest Atlantic as potential prey of juvenile benthic fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 91-98.
- Williamson, A.** 1992. Historical lobster landings for Atlantic Canada, 1892-1989. *Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2164: 110 p.
- Wohlgeschaffen, G.D., K.H. Mann, D.V. Subba Rao, and R. Pocklington.** 1992. Dynamics of the phycotoxin domoic acid: Accumulation and excretion in two commercially important bivalves. *J. Appl. Phycol.* 4: 297-310.
- Wohlgeschaffen, G.D., D.V. Subba Rao, and K.H. Mann.** 1992. Vat incubator with immersion core illumination - a new inexpensive set-up for mass phytoplankton culture. *J. Appl. Phycol.* 4: 25-29.
- Wormuth, J.H., R.K. O'Dor, N. Balch, M.C. Dunning, E.C. Forch, R.F. Harman, and T.W. Rowell.** 1992. Ommastrephidae, p. 105-119. *In* M.J. Sweeney, C.F.E. Roper, K.M. Mangold, M.R. Clarke, and S.V. Boletzky [ed.] *Larval and Juvenile Cephalopods: A Manual for Their Identification.* Smithsonian. *Contrib. Zool.*
- Zitko, V.** 1992. Assessment of the significance of chemicals in sediments. *J. Environ. Sci. Health A27:* 273-281.
- Zitko, V.** 1992. Patterns of 2,3,7,8-substituted chlorinated dibenzodioxins and dibenzofurans in aquatic fauna. *Sci. Total Environ.* 111: 95-108.
- Zouros, E., K. R. Freeman, A. O. Ball, and G.R. Pogson.** 1992. Direct evidence for extensive paternal mitochondrial DNA inheritance in the marine mussel *Mytilus*. *Nature.* 359(6394): 412-414.
- Zwanenburg, K.** 1992. An assessment of eastern Scotian Shelf haddock for 1992. CAFSAC Research Document 92/39.
- Zwanenburg, K.C.T., P. Bentzen, and J.M. Wright.** 1992. Mitochondrial DNA differentiation in western North Atlantic populations of haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49: 2527-2537.
- 1993
- Addison, R.F., and W.T. Stobo.** 1993. Organochlorine residue concentrations and burdens in grey seal (*Halichoerus grypus*) blubber during the first year of life. *J. Zool.* 230: 443-450.
- Aiken, D. E. [ED.]** 1993. *World Aquaculture* 24(1): 80 pages.
- Aiken, D. E. [ED.]** 1993. *World Aquaculture* 24(2): 112 pages.
- Aiken, D. E.** 1993. Aquaculture in Atlantic Canada. *Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.* 226: 411-466.
- Amiro, P.G.** 1993. Habitat measurement and population estimation of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*), p. 81-97. *In* R.J. Gibson and R.E. Cutting [ed.]. *Production of juvenile Atlantic salmon, Salmo salar, in natural waters.* *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 118.
- Amiro, P.G., R.E. Cutting, B.M. Jessop, T.L. Marshall, and S.F. O'Neil.** 1993. Status of Atlantic salmon stocks of Scotia-Fundy Region, 1992. *DFO Atl. Fish. Res. Doc.* 93/13: ix + 16p.
- Anderson, S. A.; S. P. Lall; D. M. Anderson and M. A. McNiven.** 1993. Evaluation of protein quality in fish meals by chemical and biological assays. *Aquaculture, V.* 115: 305-325.
- Anderson, S. A., S. P. Lall, D. M. Anderson and M. A. McNiven.** 1993. Lysine requirement for Atlantic salmon (*Salmo salar*) fingerlings. p. 867-872. *In* S. J. Kaushik and P. Luquet [ed.] *Fish Nutrition in Practice.* INRA, Paris.
- Anderson, S. A.; S. P. Lall; D. M. Anderson and M. A. McNiven.** 1993. Quantitative lysine requirement of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can J. Fish Aquat. Sci.* 50: 316-322.
- Ang, P., G.J. Sharp & R. Semple.** 1993. Changes in the population structure of *Ascophyllum nodosum* Le Jolis due to mechanical harvesting. *Hydrobiologica* 260/261: 321-326, 1993.
- Anon.** 1993. Briefing on measures to minimize bycatches in the silver hake fishery. Presented to Harris Panel on Foreign Fishing, 13 August 1993. 21p.
- Anon.** 1993. Briefing on biological aspects of silver hake fishery management. Presented to FRCC 6 August 1993. 18p.
- Anon.** 1993. Salmon Genetics Research Program Annual Report 1992/93.
- Anon.** 1993. Salmon Genetics Research Program Newsletter. April 1993.
- Baily, J. K, G. Olivier and G. W. Friars.** 1993. Inheritance of furunculosis resistance in Atlantic salmon, p. 6. *Aquaculture Canada '93*, Charlottetown, PEI, Aug 24-27. (Abstract)
- Benz, G. W. and Hogans, W. E.** 1993. *Pennella filosa* (L., 1758) (Copepoda: Siphonostomatoida) from the escolar *Lepidocybium flavobrunneum* (Smith, 1849) in the north-west Atlantic. *Systematic Parasit.* 26: 127-131.
- Black, G.A.P., R.K. Mohn, G. Robert, and M.J. Tremblay.** 1993. Atlas of the biology and distribution of the sea scallop *Placopecten magellanicus* and Iceland scallop *Chlamys islandica* in the Northwest Atlantic. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1915: 40 p.
- Black, G.A.P., and R. Mohn.** 1993. Interactive data visualization of fisheries management systems. *ICES CM 1993/D:6:* 17 p.
- Boness, D.J., W.D. Bowen, and J. Francis.** 1993. Implications of DNA fingerprinting for understanding pinniped mating systems and reproductive strategies. *Symp. Zool. Soc. Long.* 66: 61-93.
- Boudreau, P.R.** 1993. Regional data and information system requirements for the Gulf of Maine, p.15-18. *In* E. Braasch [ed.] *Gulf of Maine Data and Information Systems - Workshop Proceedings.* Dartmouth College, Hanover, N.H.
- Bowen, D., R. Brown, W. Kimmins, M. Mezei, J. Parsons, B. Pohojdak, and W. Sobo.** 1993. Birth Control for seals. Symposium on contraception in wildlife management. Denver, Colorado. October, 1993. (Poster)
- Brock, J., S. Sathyendranath, and T. Platt.** 1993. Modeling the seasonality of subsurface light and primary production in the Arabian Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 101: 209-221.
- Brodie, P.F.** 1993. A note on some aspects of the physiology and bio-mechanical research conducted on rorquals from Iceland. *Int. Whaling Comm. Rep. Comm.* 43: 501-504.
- Brodie, P.F.** 1993. Noise generated by the jaw actions of feeding fin whales. *Can. J. Zool.* 71.
- Butler, M.A.E. and G. Robert.** 1993. Update of the Scotian Shelf shrimp fishery - 1992. CAFSAC Res. Doc. 92/108, 20p.
- Campana, S.E., and J.M. Casselman.** 1993. Stock identification using otolith shape analysis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50: 1062-1083.
- Campana, S.E., H.A. Oxenford, and J.N. Smith.** 1993. Radiochemical determination of longevity in flyingfish (*Hirundichthys affinis*) using Th-228/Ra-228. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 100: 211-219.
- Christie, W.J., S.R. Kerr, J. Eaton, C.J. Edwards, E.L. Mills, J.H. Leach, M.L. Jones, W.W. Taylor, C.P. Schneider,**

- J.F. Koonce, J. Elrod, R.A. Ryder, U. Borgmann, and O.E. Johannson. 1993. Lake Ontario: An ecosystem in transition. Report of the Lake Ontario Pelagic Community Health Indicator Committee, Ref. No. 1-635-160: 65 p.
- Clark, D. S.** 1993. The influence of depth and bottom type on area swept by groundtrawl, and consequences for survey indices and population estimates. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 93/40 15 p.
- Conover, R.J.,** and T.D. Siferd. 1993. Dark-season survival strategies of coastal-zone zooplankton in the Canadian arctic. Arctic 46(4): 303-311.
- Cranford, P.J.,** B.T. Hargrave, B.A. MacDonald, and J.E. Ward. 1993. *In situ* feeding studies of adult sea scallops. Presentation at the 9th International Pectinid Workshop, Nanaimo, B.C. (Poster)
- Cross, T.,** Bailey J., Friars, G. and O'Flynn, F. 1993. Maintenance of genetic variability in reared Atlantic salmon (*Salmo salar*) stocks, p.356-366. *In* Salmon in the Sea. Sponsored by the Atlantic Salmon Trust, Atlantic Salmon Federation, Dept. of Fisheries and Oceans.
- Daly, J. G.,** A. K. Kew, A. R. Moore and G. Olivier. 1993. Responses of the salmonid immune system after vaccination with live, avirulent *Aeromonas salmonicida*, p.75. Aquaculture Canada '93, Charlottetown, PEI, Aug 24-27. (Abstract)
- Duston, J.** 1993. Effects of dietary betaine and sodium chloride on seawater adaptation in Atlantic salmon parr (*Salmo salar* L.). Comp. Biochem. Physiol. 105A: 673-677
- Frank, K.T.,** J.E. Carscadden, and W.C. Leggett. 1993. Causes of spatio-temporal variation in the patchiness of larval fish distribution: Differential mortality or behaviour? Fish. Oceanogr. 2:3/4, 114-123.
- Friars, G.W.,** 1993. Breeding Atlantic Salmon: A Primer. Atlantic Salmon Federation, St. Andrews, 33 p.
- Gavaris, S.** 1993. Assessment of the southwest Scotian Shelf and Bay of Fundy cod. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 93/32: 25.
- Gavaris, S.** 1993. Analytical estimates of reliability for the projected yield from commercial fisheries, p.185-191. *In* S. J. Smith, J. J. Hunt and D. Rivard [ed.] Risk evaluation and biological reference points for fisheries management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 120.
- Gavaris, S.,** and L. Van Eeckhaute. 1993. Application of length at age distributions to derive age compositions of Georges Bank haddock from length frequencies. ICCAT SCRS/93/55.
- Gavaris, S.,** and L. Van Eeckhaute. 1993. Assessment of the eastern Georges Bank haddock. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 93/36: 33 p.
- Gibson, R.J.,** and R.E. Cutting [ED.] 1993. Production of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*, in natural waters. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 118: 262p.
- Gordon, D.C., Jr.,** P.J. Cranford, D.K. Muschenheim, J.W. Loder, P.D. Keizer, and K. Krank. 1993. Predicting the environmental impacts of drilling wastes on Georges Bank scallop populations, p. 139-147. *In* P.M. Ryan [ed.] Managing the Environmental Impact of Offshore Oil Production. Proceedings of the 32nd annual meeting of the Canadian Society of Environmental Biologists, St. John's, Newfoundland, Canada, April 1-4, 1992.
- Haist, V.,** and J. M. Porter. 1993. Evaluation of alternative methods to estimate age compositions from length frequency data with specific reference to Atlantic swordfish, *Xiphias gladius*. Int. Comm. Conserv. Atl. Tunas Coll. Vol. Sci. Pap., Madrid 40: 331-343.
- Halliday, R.G.** 1993. An analysis of scientific advice and TAC levels for the Scotian Shelf (Divisions 4VWX) silver hake stock. NAFO SCR Doc. 93/108, Ser. No. N2301: 8p.
- Halliday, R.G.,** and T. Kenchington. 1993. Size selection of groundfish longline gear. DFO Scotia-Fundy Region, Halifax, N.S., Project Summary No. 40, April, 1993, 4p + insert.
- Hanke, A. R.** 1993. Commercial fishery based estimate of pollock abundance on the Scotian Shelf. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 93/43: 6 p.
- Hanke, A. R.** 1993. Commercial fishery based estimate of cod abundance in NAFO Division 4X. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 93/44: 7 p.
- Hanke, A.R.** 1993. Commercial fishery based estimate of cod and haddock abundance on Georges Bank. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 93/45: 8 p.
- Hanke, A.R.,** 1993. The effects of hatch time and family competition on the growth of grilse and a two-seawinter stock of Atlantic salmon parr (*Salmo salar* L.). Ph.D. Thesis, University of New Brunswick, Fredericton.
- Harding, G.C.** 1993. Larval lobster ecology and recruitment, p. 2-4. *In* Can. Atl. Fish. Sci. Adv. Comm. Invertebrates and Marine Plants Subcommittee Report 92/15. Addendum: The Year of the Lobster.
- Harding, G.,** Kenchington, E. and Zheng, Z. 1993. Morphometrics of lobster larvae, *Homarus americanus* Milne Edwards, in relation to stock determinations in the Maritimes, Canada. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50(1): 43-52.
- Hargrave, B.T.** 1993. Seasonal variability in particle sedimentation. Cont. Shelf Res. 14(2/3): 279-293.
- Hargrave, B.T.,** B. von Bodungen, P. Stoffyn-Egli, and P.J. Mudie. 1993. Seasonal variability in particle sedimentation under permanent ice cover in the Arctic Ocean. Cont. Shelf Res. 14: 279-293.
- Hargrave, B.T.,** L.I. Doucette, and T.G. Milligan. 1993. Geochemical characteristics and benthic macrofauna biomass in intertidal and subtidal sediments of Annapolis Basin, Nova Scotia, 1993. Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci. 915: iv + 88 p.
- Hargrave, B.T.,** D.E. Duplisea, E. Pfeiffer, and D.J. Wildish. 1993. Seasonal changes in benthic fluxes of dissolved oxygen and ammonium associated with marine cultured Atlantic salmon. Mar. Ecol. Prog. Ser. 96: 249-257.
- Hargrave, B.T.,** D.C.G. Muir, and T.F. Bidleman. 1993. Toxaphene in amphipods and zooplankton from the Arctic Ocean. Chemosphere 27: 1949-1963.
- Harrison, W.G.** 1993. Nutrient recycling in production experiments, p.149-158. *In* W.K.W. Li and S.Y. Maestrini [ed.] Measurement of Primary Production from the Molecular to the Global Scale. ICES Marine Science Symposium 197.
- Harrison, W.G.,** E.J.H. Head, E.P.W. Horne, B. Irwin, W.K.W. Li, A.R. Longhurst, M.A. Paranjape, and T. Platt. 1993. The western North Atlantic Bloom Experiment. Deep-Sea Res. II 40: 279-305.
- Head, E.J.H.,** and E.P.W. Horne. 1993. Pigment transformation and vertical flux in an area of convergence in the North Atlantic. Deep-Sea Research II 40: 329-346.
- Heras, H.,** Kean-Howie, J. and Ackman, R.G. 1993. Use of lipid microspheres as nutritional supplements in aquaculture, p.48. Aquaculture Canada '93, Charlottetown, PEI, Aug 24-27. (Abstract)
- Herman, A.W.,** N.A. Cochrane, and D.D. Sameoto. 1993. Detection and abundance estimation of euphausiids using an optical plankton counter. Mar. Ecol. Prog. Ser. 94: 165-173.
- Hoey, J. J.,** J. Mejuto, J. Porter, and Y.

- Uozumi. 1993. A standardized biomass index of abundance for North Atlantic swordfish. *Int. Comm. Conserv. Atl. Tunas Coll.* Vol. Sci. Pap., Madrid 40: 344-352.
- Hogans, W.E., Dadswell, M.J., Uhazy, L.S. and Appy, R.G. 1993. Parasites of American shad, *Alosa sapidissima* (Osteichyes: Clupeidae), from rivers of the North American Atlantic coast and the Bay of Fundy, Canada. *Can. J. Zool.* 71: 941-946.
- Hunt, J. J., and M.-I. Buzeta. 1993. Biological update Georges Bank cod in unit areas 5Zj,m for 1978-92. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 93/39: 20 p.
- Iverson, S.J., W.D. Bowen, D.J. Boness, and O.T. Oftedal. 1993. The interrelationship of maternal size and milk energy output, and its effect on pup growth in grey seals. *Physiol. Zool.* 66: 61-88.
- Johnson, C.R., and K.H. Mann. 1993. Rapid succession in subtidal understory seaweeds during recovery from overgrazing by sea urchins in eastern Canada. *Bot. Mar.* 36: 63-77.
- Kang, S. J., S. P. Lall, and R. G. Ackman. 1993. Utilization of dogfish liver oil by Atlantic Salmon (*Salmo salar*), p.49. *Aquaculture Canada '93*, Charlottetown, August 24-27, 1993. (Abstract)
- Keizer, P.D., D.C. Gordon, Jr., T.W. Rowell, R. McCurdy, D. Borgal, T.A. Clair, D. Taylor, J.G. Ogden, III, and G.E.M. Hall. 1993. Synoptic water quality survey of Halifax/Dartmouth Metro Area lakes on April 16, 1991. *Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci.* 914: vii + 76 p.
- Kenchington, E. 1993. The use of RNA/DNA in Monitoring Scallops Stock Health. Digby Scallop Days, Digby, N.S. (Poster)
- Kenchington, E., and Lundy, M. J. 1993. Towards a minimum meat weight regulation for the inshore sea scallop (*Placopecten magellanicus*) fishery. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 93/16, 5p.
- Kenchington, E. and M.J. Lundy. 1993. Fishing Logbooks: The Value of Logbooks in Scallop Management. Digby Scallop Days, Digby, N.S., Science and Technology Awareness Week, Halifax, N.S. (Poster)
- Kenchington, E. and M.J. Lundy. 1993. Scallop Abundance in the Bay of Fundy. Digby Scallop Days, Digby, N.S., Science and Technology Awareness Week, Halifax, N.S. (Poster)
- Kenchington, E., Lundy, M.J. and Hazelton, V. 1993. Seasonal changes in somatic and reproductive tissue weights in wild populations of *Placopecten magellanicus* from the Bay of Fundy, Canada, 9th International Pectinid Workshop, Nanaimo, B.C. (Abstract)
- Kenchington, E., Naidu, K.S., Roddick, D.L., Cook, D. and Zouros, E. 1993. The Use of biochemical genetic markers to discriminate between adductor muscles of the sea scallop (*Placopecten magellanicus*) and the iceland scallop (*Chlamys islandica*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50: 1222-1228.
- Kenchington, E. and Roddick, D.L. 1993. Molecular evolution within the phylum Mollusca with emphasis on the class Bivalvia, 9th International Pectinid Workshop, Nanaimo, B.C. (Abstract)
- Kenchington, T. and Kenchington, E.L.R. 1993. An eighteenth-century commercial length-frequency sample of Atlantic cod, *Gadus morhua*, based on archaeological data. *Fish. Res.* 18: 335-347.
- Kepkay, P.E. 1993. Surface coagulation of DOC and bacterial respiration - The biology of carbon dioxide flux across the air-sea interface. Abstracts of the American Society for Limnology and Oceanography: S33-1 (invited paper).
- Kepkay, P.E., S.E.H. Niven, and T.G. Milligan. 1993. Low molecular weight and colloidal DOC production during a phytoplankton bloom. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 100: 233-244.
- Lall, S. P.; J. S. Anderson; D. M. Anderson and R. A. Keith. 1993. Digestibility and availability of amino acids from fishery by-products for Atlantic salmon, p.38. V Int'l Fish Nutrition and Feeding Symp. Hobart, Tasmania, October 4-7, 1993. (Abstract)
- Lall, S. P. and G. Olivier. 1993. Role of micronutrients in immune response and disease resistance in fish. p. 101-118. In S. J. Kaushik and P. Luquet [ed.] *Fish Nutrition in Practice*. INRA, Paris.
- Lall, S. P., and G. Olivier. 1993. Effects of vitamins, iron and commercial immunostimulants on immune response and disease resistance in Atlantic salmon, p.6. V Int'l Fish Nutrition and Feeding Symp. Hobart, Tasmania, October 4-7, 1993. (Abstract)
- Lall, S. P. and Olivier G. 1993. The effect of ascorbic acid on the immune response and disease resistance of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts reared in sea water. Progress report presented to Hoffmann-La Roche.
- Lall, S. P. 1993. Fish Digestibility Measurements in Feedstuffs for Atlantic Salmon, p.92. *Aquaculture Canada '93*, Charlottetown, August 24-27, 1993. (Abstract)
- Lane, D. E., and R. L. Stephenson. 1993. A decision making framework for providing catch advice in fisheries. Presented at Third Canadian Conference on Environmental and Natural Resources Economics, Univ. of Ottawa, Oct. 1-3, 1993. PRISM Working Paper 93-62 (Univ. of Ottawa, Faculty of Admin.).
- Lawton, P. 1993. Salmon Aquaculture and the Traditional Invertebrate Fisheries of the Fundy Isles Region: Habitat Mapping and Impact Definition. Report to the New Brunswick Department of Fisheries and Aquaculture. 84 p.
- Lawton, P., and D. A. Robichaud. 1993. Progress Report on the 1992 LFA 36 Lobster Tagging Study. Manuscript prepared for LFA 35, 36, and 38 Advisory Committees, February, 1993. 10p.
- Lawton, P., and D. A. Robichaud. 1993. Second Progress Report on the 1992 LFA 36 Lobster Tagging Study. Manuscript prepared for LFA 35, 36, and 38 Advisory Committees, August, 1993. 7p.
- Li, W.K.W. 1993. Estimation of primary production by flow cytometry, p.79-91. In W.K.W. Li and S.Y. Meastrini [ed.] *Measurement of Primary Production from the Molecular to the Global Scale*, ICES Marine Science Symposium 197.
- Li, W.K.W., B.D. Irwin, and P.M. Dickie. 1993. Dark fixation of  $^{14}\text{C}$ : Variations related to biomass and productivity of phytoplankton and bacteria. *Limno. Ocean.* 38: 483-494.
- Li, W.K.W., P.M. Dickie, W.G. Harrison, and B.D. Irwin. 1993. Biomass and production of bacteria and phytoplankton during the spring bloom in the western North Atlantic Ocean. *Deep-Sea Res. II* 40: 307-327.
- Li, W.K.W., and S.Y. Maestrini [ED.] 1993. *Measurement of Primary Production from the Molecular to the Global Scale*. ICES Marine Science Symposium 197: 1-287p.
- Li, W.K.W., T. Zohary, Y.Z. Yacobi, and A.M. Wood. 1993. Ultraphytoplankton in the eastern Mediterranean Sea: towards deriving phytoplankton biomass from flow cytometric measurements of abundance, fluorescence and light scatter. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 102: 79-87.
- Loder, J.W., K.F. Drinkwater, N.S. Oakey, and E.P.W. Horne. 1993. Circulation, hydrographic structure and mixing at tidal fronts: the view from Georges Bank. *Phil. Trans. Roy. Soc. (London) A* 343: 447-460.
- Longhurst, A.R. 1993. Seasonal cooling and blooming in the tropical ocean. *Deep-*

Sea Res. 40(12): 1-16.

**Lundy, M.J.** and Kenchington, E. 1993. The Scallop Life Cycle. Digby Scallop Days, Digby, N.S., Science and Technology Awareness Week, Halifax, N.S. (Poster)

**Macdonald, J. S.**, and B. D. Chang. 1993. Seasonal use by fish of nearshore areas in an urbanized coastal inlet in southwestern British Columbia. *Northw. Sci.* 67: 63-77.

**Mangor-Jensen, K. G.** Waiwood, and R. H. Peterson. 1993. Water balance in eggs of striped bass (*Morone saxatilis*). *J. Fish Biol.* 43: 345-353.

**Mann, K.H.** 1993. Physical oceanography, food chains and fish stocks: A review. *Int. Counc. Explor. Sea, J. Mar. Sci.* 50: 105-109.

**Marmorek, D. R.**, I. Parnell, J. Korman, and D. Meisner. 1993. Atlantic salmon regional acidification model. Results of hydrochemical work in FY92-93. Contract Report, ESSA Environmental and Social Systems Analysis Ltd., Vancouver.

**Marshall, T.L.** 1993. New estimates of commercial harvest and by-catch of Saint John River Atlantic salmon, 1981-1983. *DFO Atl. Fish. Res. Doc.* 93/46, 10p.

**Marshall, T.L.**, J.A. Ritter and D.G. Reddin. 1993. Forecasting multi-sea-winter salmon returns to the Saint John River, N.B., Canada. *ICES C.M.* 1993/M:29, Ref C+H, 10p.

**Martin, J. L.** 1993. In the Bay of Fundy, eastern Canada, p.7. *In* T. Wyatt and A. Cembella [ed.] Harmful algal news, No.6. International Oceanographic Commission of UNESCO, Paris.

**Martin, J. L.**, K. Haya, and D. J. Wildish. 1993. Distribution and domoic acid content of *Nitzschia pseudodelicatissima* in the Bay of Fundy, p.613-618. *In* T. J. Smayda and Y. Shimizu [ed.] Toxic phytoplankton blooms in the sea. Elsevier, Amsterdam.

**McClelland, G.** 1993. *Eimeria phocae* (Apicomplexa: Eimeriidae) in harbour seals *Phoca vitulina* from Sable Island, Canada. *Dis. Aquat. Org.* 17: 1-8.

**McCurdy, P.** 1993. Fish population survey, Fifteen Mile Brook, Nova Scotia. Contract Report, Statcom Consultants Ltd.

**McGladdery, S.E.** Bradford, B.C. and Scarratt, D.J. 1993. Investigations into the transmission of parasites of the bay scallop, *Argopecten irradians* (Lamarck, 1819), during quarantine introduction to Canadian waters. *J. Shellf. Res.* 12(1): 49-58.

**Messiah, S.N.** 1993. Disposal of fish wastes in Atlantic Canada, p. 29-33. *In* Marine Pollution from Land-Based Sources. United

Nations Environment Program. Industry and Environment, January-June 1992, 15(1-2).

**Miller, R.J.** 1993. More about habitat for juvenile *Homarus americanus*. *Lobster Newsletter* 6: 8-9.

**Miller, R.J.** 1993. Spatial correlations of American lobster in three life history stages. 4<sup>th</sup> International Workshop on Lobster Biology and Management, Samriku, Japan. (Abstract)

**Miller, R.J.** and R.W. Elner. 1993. A good time licensing strategy for limited entry fisheries. *N. Am. J. Fish. Man.* 13(2):387-390.

**Miller, R.J.** and R.K. Mohn. 1993. Critique of the Leslie method for estimating sizes of crab and lobster populations. *N. Am. J. Fish. Man.* 13(4): 800-810.

**Mohn, R.** 1993. A comparison of three methods to convert catch at length data into catch at age. *ICCAT SCRS/93/56*.

**Mohn, R.K.** 1993. Bootstrap estimates of ADAPT parameters, their projection in risk analysis and their retrospective patterns, p. 173-184. *In* S.J. Smith, J.J. Hunt, and D. Rivard [ed.] Risk Evaluation and Biological Reference Points for Fisheries Management. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 120.

**Mohn, R.**, and R. Cook. 1993. Introduction to Sequential Population Analysis. *NAFO Sci. Counc. Studies.* No. 17: 110 p.

**Mohn, R.**, and W.J. MacEachern. 1993. Assessment of 4VsW cod in 1992. *DFO Atl. Fish. Res. Doc.* 93/22: 40 p.

**Moore, A. R.**, J. G. Daly, and G. Olivier. 1993. The S-layer on virulent strains of *Aeromonas salmonicida* protects bacteria against the bactericidal activity of salmonid peritoneal macrophages, p.59. *Aquaculture Canada '93*, Charlottetown, PEI, Aug 24-27, 1993. (Abstract)

**Morrison, C. M.** 1993. The digestive tract of the cod eleutheroembryo ("Yolk-sac larva") and larva. *NAFO Sci. Coun. Studies.* 18: 23-24.

**Morrison, C. M.** 1993. Histology and cell ultrastructure of the mantle and mantle lobes of the Eastern oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin): a summary atlas. *Amer. Malac. Bull.* 10: 1-24.

**Morrison, C. M.** 1993. The reproductive stages of cod (*Gadus morhua*): gross anatomy and histology. *NAFO Sci. Coun. Studies.* 18: 11.

**Morrison, C. M.** 1993. The histology and ultrastructure of the adductor muscle of the eastern oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin). *Amer. Malac. Bull.* 10: 25-38.

**Morrison, C. M.** 1993. Histology of the

Atlantic cod, *Gadus morhua*: an atlas. Part Four. Eleutheroembryo and larva. *Can. Spec. Pub. Fish. Aquat. Sci.* No. 119: 504p.

**Morrison, C. M.** 1993. Histology of the mantle and mantle lobes of the eastern oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin). *Aquaculture Canada '93*, Charlottetown, PEI, Aug. 24-27, 1993. (Abstract)

**Morrison, C. M.**, J.C. Harshbarger, and S. E. McGladdery. 1993. Schwannomas in rainbow smelt. *J. Aq. An. Health.* 5: 317-323.

**Morrison, C. M.**, J.P. Leger, and C. A. Morrison. 1993. Light microscopic and ultrastructural study of sporulation of *Goussia gadi* (Apicomplexa: Coccidia) in the swimbladder wall of haddock *Melanogrammus aeglefinus*. *Dis. Aquat. Org.* 17: 181-189.

**Morrison, C. M.**, J.P. Leger, and C. A. Morrison. 1993. Gametogenesis of *Goussia gadi* (Apicomplexa: Coccidia) in the swim bladder wall of haddock *Melanogrammus aeglefinus*. *Dis. Aquat. Org.* 17: 127-135.

**Morrison, C. M.**, J.P. Leger, and C. A. Morrison. 1993. Light and electron microscopic study of the pathology and merogony of *Goussia gadi* (Apicomplexa: Coccidia) in the swim bladder wall of haddock *Melanogrammus aeglefinus*. *Dis. Aquat. Org.* 17: 113-125.

**Morrison, C. M.** and C.A. MacDonald. 1993. The use of light and electron microscopy in studying the protozoan parasites of cod and other gadoids. *Aquaculture Canada '93*, Charlottetown, PEI, Aug. 24-27, 1993. (Abstract)

**Morrison, C. M.**, and C.A. Morrison. 1993. Life-cycle and ultrastructure of *Goussia gadi* (apicomplexa: coccidia) in the swimbladder wall of the haddock. *Aquaculture Canada '93*, Charlottetown, PEI, Aug. 24-27, 1993. (Abstract)

**Morrison, C. M.**, A.R. Moore, V.M. Marryatt, and D. J. Scarratt. 1993. Disseminated sarcomas of soft-shell clams, *Mya arenaria* Linnaeus 1758, from sites in Nova Scotia and New Brunswick. *J. Shellf. Res.* 12: 65-69.

**Morrison, C. M.**, and C.A. Morrison. 1993. A study of the pathology and life-cycle of *Goussia gadi* apicomplexa, coccidia, in the swimbladder wall of the haddock. *Proceedings of the 32nd Annual Meeting of the Canadian Society of Zoologists.*

**Muelbert, M.M.C.**, and W.D. Bowen. 1993. Duration of lactation and postweaning changes in mass and body composition of

- harbour seal pups. *Can. J. Zool.* 71: 1405-1414.
- O'Flynn, F. M., J. K. Bailey, G. W. Friars, and R. L. Saunders.** 1993. Biotechnology strain (85XC). *Ann. Rep. Salmon Gen. Res. Prog.* 1992/93: 10-11.
- Oftedal, O.T., W.D. Bowen, and D.J. Boness.** 1993. Energy transfer by lactating hooded seals, and nutrient deposition in their pups, during the four days from birth to weaning. *Physiol. Zool.* 66: 366-390.
- Ojolic, E.J., R. Cusack, T.J. Benfey, and S.R. Kerr.** 1993. Survival and growth of triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) at chronic high temperatures. Cooperation Agreement on Fisheries Development. Contract Rep.: 44 p.
- Olivier, G., A. R. Moore, and J. G. Daly.** 1993. The A-layer on virulent strains of *Aeromonas salmonicida* protects bacteria against the bactericidal activity of salmonid peritoneal macrophages, p.51. Sixth International Conference of the European Association of Fish Pathologists, Brest, France Sept. 5-10. (Abstract)
- O'Neil, S.** 1993. The Atlantic salmon sport fishery. *N.S. Conservation*, Vol 17 (2) p10-11.
- O'Neil, S.F., and C.J. Harvie.** 1993. Evaluation of the precision of catch data in the Nova Scotia Atlantic salmon catch-effort card system and feasibility of a New Brunswick application. *DFO Atl. Fish. Res. Doc.* 93/31, 34p.
- Page, F. H.** 1993. Overview of Environmental Trends in the Scotia-Fundy Region Working/Discussion Document, Workshop on Scotia-Fundy Groundfish Management, BIO, Dec 7-8, 1993.
- Page, F., and S. Robinson.** 1993. 1992 Salmon farming in the Bay of Fundy: a chilling reminder. *World Aquacult.* 23(4): 31-34
- Pan, Y., D.V. Subba Rao, K.H. Mann, W.K.W. Li, and R.E. Warnock.** 1993. Temperature dependence of growth and carbon assimilation in *Nitzschia pungens* f. *multiseries* Hasle, the causative diatom of domoic acid poisoning, p. 619-624. *In* T.J. Smayda and Y. Shimizu [ed.] *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea.* Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
- Parsons, J.L., R.G. Brown, W.C. Kimmins, M.Mezei, B. Pohajdak, D. Bowen, and W. Stobo.** 1993. Immunocontraception of seals. Tenth biennial conference on the Biology of Marine Mammals. Galveston, Texas. November, 1993. (Poster)
- Parsons, G. J., S. M. C. Robinson, J. C. Roff,** and M. J. Dadswell. 1993. Daily growth rates as indicated by valve ridges in postlarval giant scallops *Placopecten magellanicus* (Bivalvia: Pectinidae). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50(3): 456-464.
- Partensky, F., N. Hoepffner, W.K.W. Li, O. Ulloa, and D. Vulot.** 1993. Photoacclimation of *Prochlorococcus* sp. (Prochlorophyta) strains isolated from the north Atlantic and the Mediterranean Sea. *Plant Physiology* 101: 285-296.
- Perry, R.I., G.C. Harding, J.W. Loder, M.J. Tremblay, M.M. Sinclair, and K.F. Drinkwater.** 1993. Zooplankton distributions at the Georges Bank frontal system: Retention or dispersion? *Cont. Shelf Res.* 13(4): 357-383.
- Peterson, R. H., and R. G. Carney.** 1993. First feeding of salmon fry. *Ann. Rep. Salmon Gen. Res. Prog.* 1992/93, p. 12.
- Peterson, R. H., and D. J. Martin-Robichaud.** 1993. Rates of ionic diffusion across the egg chorion of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Physiol. Zool.* 66: 289-306.
- Peterson, R. H., and P. McCurdy.** 1993. Distribution of fish in 3 coastal watersheds of New Brunswick and Nova Scotia, Canada, p. 257. *In* R. J. Gibson and R. E. Cutting [ed.] *Production of juvenile Atlantic salmon, Salmo salar, in natural waters.* *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 118. (Abstract).
- Pezack, D. S.** 1993. Overview Scotia Fundy, LFA 41 and LFA 34. 1992 Lobster Summary Sheets.
- Pezack, D. S.** 1993. (ED.) Scotia-Fundy Lobster Summary Sheets. 18p.
- Platt, T., and S. Sathyendranath.** 1993. Commentary on "The remote sensing of ocean primary productivity: Use of a new data compilation to test satellite algorithms" by William Balch et al. *J. Geophys. Res.* 98(C9): 16583-16584.
- Platt, T., and S. Sathyendranath.** 1993. Estimators of primary production for interpretation of remotely sensed data on ocean color. *J. Geophys. Res.* 98(C8): 14561-14576.
- Platt, T., and S. Sathyendranath.** 1993. Fundamental issues in measurement of primary production, p.3-8. *In* W.K.W. Li and S.Y. Maestrini [ed.] *Measurement of Primary Production from the Molecular to the Global Scale.* ICES Marine Science Symposium 197.
- Platt, T., S. Sathyendranath, I. Joint, and M.J.R. Fasham.** 1993. Photosynthesis characteristics of the phytoplankton in the Celtic Sea during late spring. *Fish. Ocean.* 2: 191-201.
- Porter, J. M.** 1993. National Report of Canada, 1991-92. *Int. Comm. Conserv. Atl. Tunas, Rep. for Biennial Period 1992-93, Part 1:* 341-349.
- Porter, J. M., M. J. W. Stokesbury, C. A. Dickson, and W. E. Hogans.** 1993. A mark-recapture experiment on bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.) from the Browns-Georges banks region of the Canadian Atlantic: 1992 update. *Int. Comm. Conserv. Atl. Tunas Coll. Vol. Sci. Pap., Madrid (SCRS/92/29).*
- Pringle, J.D. and D.L. Burke.** 1993. The Canadian lobster fishery and its management, with emphasis on the Scotia Shelf and the Gulf of Maine, p. 91-122. *In* L.S. Parsons and W.H. Lear [ed.] *Perspectives on Canadian marine fisheries management.* *Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.* 226.
- Pringle, J., Ugarte, R., Duggan, R. and Koeller, P.** 1993. Review of request for an extension to the lobster fishing season in LFA 31A. *DFO At. Fish. Res. Doc.* 93/67: 20p.
- Ragan, M.A., Bird, C.J., Rice, E.L. and Singh, R.K.** 1993. The nuclear 18S ribosomal RNA gene of the red alga *Hildenbrandia rubra* contains a group I intron. *Nucleic Acids Research* 21: 3898.
- Rice, E. L., Roddick, D. L. and Singh, R. K.** 1993. A comparison of molluscan (Bivalvia) phylogenies based upon palaeontological and molecular data. *Molec. Mar. Bio. Biotech.* 2: 137-146.
- Ritter, J.A.** 1993. Changes in Atlantic salmon (*Salmo salar*) harvests and stock status in the North Atlantic, p. 3-25. *In* D. Mills [ed.] *Salmon in the sea and new enhancement strategies.* Fishing News Books, Cornwall, U.K.
- Robert, G., G.A.P. Black, and M.A.E. Butler.** 1993. Georges Bank scallop stock assessment - 1992. *DFO Atl. Fish. Res. Doc.* 93/15: 33p.
- Robert, G. and M.A.E. Butler.** 1993. Scallop fishing grounds on the Scotian Shelf - 1992. *DFO Atl. Fish. Res. Doc.* 93/18: 32p.
- Robinson, S. M. C.** 1993. A review of the biological information associated with enhancing scallop production. *World Aquacult.* 24(2): 61-67.
- Robinson, S.M.C.** 1993. The soft-shell clam fishery in the Canadian Maritimes: an industry in change, p.145. *J. Shellf. Res.* 12(1). (Abstract)
- Ross, P.S., B. Pohajdak, W.D. Bowen, and R.F. Addison.** 1993. Immune function in free-ranging harbour seal mothers and their pups during lactation. *J. Wildl. Diseases* 29:



21-29.

- Rowell, T.W.**, and G.B. Fader. 1993. Summary of a proposal to assess the offshore aggregate resources of the Scotian Shelf. Report presented to the ICES Benthos Ecology Working Group (Kiel, Germany, May 3-8, 1993) 3 p.
- Sameoto, D.D.**, N. Cochrane, and A. Herman. 1993. Convergence of acoustic, optical and net-catch estimated of euphausiid abundance: use of artificial light to reduce net avoidance. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50: 334-346.
- Sathyendranath, S.**, and T. Platt. 1993. Remote sensing of water-column primary production, p. 236-243. *In* W.K. Li and M. Maestrini [ed.] Measurement of Primary Production from the Molecular to the Global Scale, ICES Marine Science Symposium 197.
- Sathyendranath, S.**, and T. Platt. 1993. Underwater light field and primary production: Application to remote sensing, p.79-93. *In* V. Barale and P.M. Schlittenhardt [ed.] Ocean Colour: Theory and Applications in a Decade of CZCS Experience, Kluwer Academic Publ., Brussels.
- Saunders, R. L.**, R. S. Ferguson, and F. M. O'Flynn. 1993. Feed deprivation during winter-spring to reduce maturity as grilse - an update. *Ann. Rep. Salmon Gen. Res. Prog.* 1992/93: 14.
- Sevigny, J. M.**, and R. L. Saunders. 1993. Canadian studies on gene technology, biochemical markers, production of transgenics and means of reducing genetic interaction between cultured and wild salmon. Working Paper incorporated in Report of the Working Group on Genetics 1993, ICES C.M. 1993/F:7: 11-18.
- Sharp, G. J.**, C. Tetu, R. Semple and D. Jones. 1993. Recent changes in the seaweed community of Western P.E.I: implications for the seaweed industry. *Hydrobiologia* 260/261: 291-296.
- Showell, M.A.** 1993. Biology of silver hake, p.5-8. *In* Summary of the Silver Hake Workshop, Halifax, Nova Scotia, 23-24 November 1993.
- Showell, M.A.** 1993. Temporal/spatial restrictions for reduction of bycatch, 26-27 pp. *In* Summary of the Silver Hake Workshop, Halifax, Nova Scotia, 23-24 November 1993.
- Showell, M.A.** 1993. Changes in mesh size for the 4Vn winter (Jan-Apr) cod fishery - 1979 to 1993. CAFSAC WP 93/118.
- Showell, M.A.** 1993. Effect of mesh size/type on size distribution and catch rates for 1991 Scotian Shelf groundfish fisheries. NAFO SCR Doc. 93/120, Ser. No. N2314: 10 p.
- Showell, M.A.**, R. Branton, M.C. Bourbonnais, and R.G. Halliday. 1993. Status of the Scotian shelf silver hake population in 1992 with projections to 1994. NAFO SCR Doc. 93/102, Ser. No. N2295: 36p.
- Silvert, W.L.** 1993. Size-structured models of continental shelf food webs, p. 40-43. *In* V. Christensen and D. Pauly [ed.] Trophic Models of Aquatic Ecosystems. ICLARM Conf. Proc. 26.
- Silvert, W.L.** 1993. The distributed derivative: An aid to modular modelling. *Ecol. Modell.* 68: 293-302.
- Silvert, W.L.** 1993. Object-oriented ecosystem modelling. *Ecol. Modell.* 68: 91-118.
- Silvert, W.L.** 1993. Top-down modelling in ecology, p. 605. *In* P.C. Young [ed.] Concise Encyclopedia of Environmental Systems. Pergamon Press.
- Sinclair, A.**, K. Zwanenburg, and P. Hurley. 1993. Can we estimate F from length frequency data? DFO Atlantic Fish. Res. Doc. 93/
- Smith, S.J.** 1993. Conference Reports: Workshop on Risk Evaluation and Biological Reference Points for Fisheries Management. Reviews in Fish Biology and Fisheries. 3: 366-367.
- Smith, S.J.** and S. Gavaris. 1993. Improving the precision of abundance estimates of eastern Scotian Shelf Atlantic cod from bottom trawl surveys. *N. Am. J. Fish. Man.* 13: 35-47.
- Smith, S. J.**, and S. Gavaris. 1993. Evaluating the accuracy of projected catch estimates from sequential population analysis and trawl survey abundance estimates. p.163-172. *In* S. J. Smith, J. J. Hunt and D. Rivard [ed.] Risk evaluation and biological reference points for fisheries management. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 120.
- Smith, S. J.**, J. J. Hunt, and D. Rivard [ED.] 1993. Risk evaluation and biological reference points for fisheries management. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 120: 442 p.
- Steeves, G.**, G. Siddall, G. Awalt, and B.T. Hargrave. 1993. "SMARTRAP", p. I-138-I-143. *In* IEEE Oceans '93 Proceedings.
- Stephenson, R. L.** 1993. Herring larvae and hydrography: studies and observations from the Bay of Fundy and Gulf of Maine. ICES C.M. 1993/H:31: 6 p.
- Stephenson, R. L.**, and D. E. Lane. 1993. Avoiding the risk of ignoring risk: toward a framework for use of risk in decision making. ICES C.M. 1993/H:32: 9 p.
- Stewart, J.E.** 1993. Infectious diseases of marine crustaceans, p. 319-341. *In* J.A. Couch and J. Fournie [ed.] Pathobiology of Marine and Estuarine Organisms, Chapter 12. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Stewart, J.E.** 1993. Studies involving fish and aquatic invertebrates, p. 15-18. *In* J. Wong [ed.] Proceedings of the Canadian Council on Animal Care Maritime Regional Workshop on Animal Care Committees. *Can. Counc. Anim. Care, Ottawa:* 40 p.
- Stewart, J.E.** 1993. Review of: Lee, D.O.'C, and J.F. Wickins. 1992. Crustacean Farming, Blackwell Scientific Publ., London. *Aquaculture* 116: 370-372.
- Subba Rao, D.V.** 1993. Improving ocean science in developing countries. *Mar. Sci. Technol. Soc. J.* 27: 42-54.
- Subba Rao, D.V.**, and Y. Pan. 1993. Photosynthetic characteristics of *Dinophysis norvegica* Claparde & Lachmann, a red-tide dinoflagellate. *J. Plank. Res.* 15: 965-976.
- Subba Rao, D.V.**, Y. Pan, V. Zitko, G. Bugden, and K. Mackeigan. 1993. Diarrhetic shellfish poisoning (DSP) associated with a subsurface bloom of *Dinophysis norvegica* in Bedford Basin, eastern Canada. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 97: 117-126.
- Taylor, S.** 1993. Striped bass move into sea cages. *Northern Aquaculture* 9(1): 11-12.
- Todd, E. C. D.**, T. Kuiper-Goodman, W. M. Watson-Wright, M. Gilgan, S. Stephen, J. Marr, S. Pleasance, M. A. Qu Luu, and C. F. B. Holmes. 1993. Recent illnesses from seafood toxins in Canada: paralytic, amnesic and diarrhetic shellfish poisoning. p.335-340. *In* T. J. Smayda and Y. Shimizu [ed.] Toxic phytoplankton blooms in the sea: proceedings fifth Int. Conference on Toxic Marine Phytoplankton, 28 October-1 November 1991, Newport, Rhode Island. Elsevier, Amsterdam.
- Tremblay, M. J.**, J. W. Loder, F. E. Werner, C. E. Naime, D. R. Lynch, F. H. Page, and M. M. Sinclair. 1993. Drift of sea scallop larvae on Georges Bank: A model study of the roles of mean advection, larval behavior and larval origin, p. 44. Larval Ecology Meetings, Aug. 20-23, 1993, Port Jefferson, N.Y. (Abstract)
- Trippel, E. A.** 1993. Relations of fecundity, maturation, and body size of lake trout, and implications for management in north-western Ontario lakes. *N. Am. J. Fish. Man.* 13: 64-72.
- Trippel, E. A.**, and F. W. H. Beamish. 1993.

- Multiple trophic level structuring in *Salvelinus-Coregonus* assemblages in boreal forest lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50: 1442-1455.
- Trippel, E. A., and L. Brown.** 1993. Assessment of pollock (*Pollachius virens*) in Divisions 4VWX and Subdivision 5Zc for 1992. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 93/60: 44 p.
- Tsukimura, B., S. Waddy, C. W. Burow, and D. W. Børst.** 1993. The characterization and regulation of lobster vitellogenin. *Amer. Zool.* 33: 122A (Abstract).
- Van Guelpen, L.** 1993. Substantial northward range extension for *Gephyroberyx darwini* (Berycoidei, Trachichtyidae) in the western North Atlantic, possibly explained by habitat preference. *J. Fish Biol.* 42: 807-810.
- Waddy, S. L.** 1993. Affiliation and association — the real story. *World Aquacult.* 24(2): 88-89.
- Waddy, S. L. [ED.]** 1993. Proceedings of the Arctic Char Conference. *Bull. Aquacult. Assoc. Can.* 93-2: 40p.
- Waddy, S. L. [ED.]** 1993. Arctic Char Culture. *Bull. Aquacult. Assoc. Can.* 93-1: 40 p.
- Waldron, D.E., M.A. Showell, and M.C. Bourbonnais.** 1993. Scotian Shelf silver hake (whiting) population size in 1992. NAFO WP 93/6.
- Walker, B.G., and W.D. Bowen.** 1993. Behavioural differences among adult male harbour seals during the breeding season may provide evidence of reproductive strategies. *Can. J. Zool.* 71: 1585-1591.
- Walker, B.G., and W.D. Bowen.** 1993. Mass changes and feeding behaviour in male harbour seals, *Phoca vitulina*, in relation to female reproductive status and male age. *J. Zool. (Lond.)* 231: 423-436.
- Walsh, S. J., P. A. Koeller, and W.D. McKone.** 1993. Proceedings of the international workshop on survey trawl measurement, Northwest Atlantic Fisheries Centre, St. John's, Newfoundland, March 18-19. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1911: iv + 114p.
- Watson-Wright, W. M., M. Dorey, and J. Jellett.** 1993. Working together... *World Aquacult.* 24 (4): 51-53.
- Werner, F. E., F. H. Page, D. R. Lynch, J. W. Loder, R. G. Lough, R. I. Perry, D. A. Greenberg and M. M. Sinclair.** 1993. Influences of mean advection and simple behaviour on the distribution of cod and haddock early life stages on Georges Bank. *Fish. Oceanog.* 2(2): 43-64.
- Wildish, D. J.** 1993. Book review: Marine biology, its accomplishment and future prospect [J. Mauchline and T. Nemoto, ed.]. *World Aquacult.* 24(1): 70.
- Wildish, D.J., P.D. Keizer, A.J. Wilson, and J.L. Martin.** 1993. Seasonal changes of dissolved oxygen and plant nutrients in seawater near salmonid pens in the macrotidal Bay of Fundy. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50: 303-311.
- Wildish, D. J., and D. D. Kristmanson.** 1993. Hydrodynamic control of bivalve filter feeders: a conceptual view. p.299-324. *In* R. F. Dome [ed.] Bivalve filter feeders in estuarine and coastal ecosystem processes. NATO ASI Series Vol. 633. Springer Verlag, Berlin.
- Xueliang Xu, Wenjuan Ji, John D. Castell and Ron O'Dor.** 1993. The Nutritional value of Dietary n-3 and n-6 Fatty Acids for Chinese Prawn (*Penaeus chinensis*). *Aquacult.* 118: 277-285.
- Zohary, T., Y.Z. Yacobi, N. Kress, S. Brenner, D. Engel, A. Neori, and W.K.W. Li.** 1993. Microbial populations in a warm-core eddy in the Eastern Mediterranean: effects of deep mixing. *Israel Ocean. & Limno. Res. Rep.*, ES-22-93.

## DIRECTION DES SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

### 1992

- Addison, R.F.** 1992. Biochemical Indices of Marine Pollution: A Review of Recent Field Studies. *ICES C.M.* 1992/E:15.
- Addison, R.F., and W.T. Stobo.** 1992. Organochlorine residue concentrations and burdens in grey seal (*Halichoerus grypus*) blubber during the first year of life. *J. Zool. (London)* 230: 443-450.
- Anderson, L.G., and E.P. Jones.** 1992. Tracing Upper Waters of the Nansen Basin in the Arctic Ocean. *Deep-Sea Res.* 39, Suppl. 2: 5425-5433.
- Anonymous.** 1992. Proc. Ocean Model Workshop held at BIO, January 15-17, 1992. *Can. Tech. Rep. Hydrogr. Oc. Sci.* 140: xiv + 395 pp.
- Bewers, J.M., J.O. Blanton, A.M. Davies, P.A. Gurbutt, E.E. Hofmann, B.M. Jamart (Dec.), D.C.L. Lam, M. Takahashi, and G.K. Verboom.** 1992. A Conceptual Model of Contaminant Transport in Coastal Marine Systems. *AMBIO* 21(2): 166-169.
- Bewers, J.M.** 1992. Global Strategies for Marine Environmental Protection. Can There be a Common Framework for Managing

- Radioactive and Non-radioactive Substances to Protect the Marine Environment? *Rep. Stud. GESAMP* 45, (Add. 1): 13 pp.
- Bidleman, R.F., W.E. Cotham, R.F. Addison, and M.E. Zinck.** 1992. Organic Contaminants in the Northwest Atlantic Atmosphere at Sable Island, Nova Scotia, 1988-89. *Chemosphere* 24: 1389-1412.
- Bose, R., C.L. Schnell, C. Pinsky, and V. Zitko.** 1992. Effects of Excitotoxins on Free Radical Indices in Mouse Brain. *Toxicol. Lett.* 60: 211-219.
- Brickman, D. and J.W. Loder.** 1992. The Energetics of the Internal Tide on Northern Georges Bank. *J. Phys. Ocean.* 23(3): 409-424.
- Bugden, G., R. Forbes, D.C. Gordon, B. Huppertz, P.D. Keizer, M. Levasseur, J.L. Martin, R. Penny, J. Smith, D.V. Subba Rao, D.J. Wildish, and P. Yeats.** 1992. Overview of Canadian Phytoplankton Monitoring Program, p. 15-16. *In* J.-C. Therriault and M. Levasseur [ed.] Proc. Third. Can. Workshop on Harmful Marine Algae. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1893. (Abstract).
- Cahill, M.L., and K. Drinkwater.** 1992. Warm-core Eddies and Cross-Shelf Exchange, p.87. *Proc. and Abstracts of AGU 1992 Ocean Sciences Meeting, Jan. 27-31, 1992. New Orleans, Louisiana:* 87. (Abstract)
- Cahill, M.L., and K. Drinkwater.** 1992. Warm-core Eddies and Cross-Shelf Exchange, p.67. *Proc. 26th Annual CMOS Congress, Laval Univ., Quebec, June 8-12, 1992.* (Abstract)
- Cai, D.L., F.C. Tan, and J.M. Edmond.** 1992. Sources and Transport of Organic Carbon in the Changjiang Estuary. *Geochemica* 3: 305-312. (In Chinese).
- Carr, M.-E., N.S. Oakey, B. Jones, M.R. Lewis.** 1992. Hydrographic Patterns and Vertical Mixing in the Equatorial Pacific Along 150°W. *J. Geophys. Res.* 97: 611-626.
- Clarke, R. Allyn.** 1992. Global Warming, Ocean Cooling. *Nature* 360: 17.
- Dalrymple, R.W., E.M. LeGresley, G.B. Holocene, J. Fader, and B.D. Petrie.** 1992. The Western Grand Banks of Newfoundland. *Marine Geology, Waves and Currents* 105: 95-118.
- DeCosmo, J., K.B. Katsaros, S.D. Smith, R.J. Anderson, W. Oost, K. Bumke and A.L.M. Grant.** 1992. Air-Sea Water Vapor and Sensible Heat Fluxes in High Winds - Observations and Model Predictions. *EOS*: 73(43) (Abstract).
- Dobson, F.W., M. Khandekar, R. Lalbeharry,**

- and P.W. Vachon. 1992. The ERS-1 Cal-Val Experiment: and Overview. Proc. 26th Annual CMOS Congress, Laval Univ., Quebec, June 8-12, 1992. (Abstract)
- Dobson, F.** 1992. Hudson 91-055: Cruise Report. 1992. BIO Internal Note, DFO, Dartmouth, N.S. April 1992: 75.
- Dobson, F.W., M. Khandekar, R. Lalbeharry, and P.W. Vachon.** 1992. The ERS-1 Cal-Val Experiment. CMOS Newsletter 20, April 1992: 11-13.
- Drinkwater, K.F., M.J. Graça, and J.W. Loder.** 1992. Lagrangian Current Measurements from the Georges Bank Frontal Study, 1988-89, Part I: Drift Buoy Trajectories. Can. Data Rep. Hydrogr. Ocean Sci. No. 116: iv + 105 pp.
- Drinkwater, K., B. Petrie, and S. Narayanan.** 1992. Overview of Environmental Conditions in the Northwest Atlantic in 1992. NAFO SCR Doc. 92/73: 36 pp.
- Drinkwater, K.F., P.C. Smith, and R. Pettipas.** 1992. Spatial and Temporal Scales of Temperature Variability in the Bay of Fundy. NAFO SCR Doc. 92/71: 17 pp.
- Drinkwater, K.F.** 1992. Overview of Environmental Conditions on Eastern Canadian Continental Shelves. CAFSAC Working Paper 92/102: 24 pp.
- Drinkwater, K.F.** 1992. AFAP Climate Studies in the Scotia-Fundy Region. NAFO SCR Doc. 92/72: 8 pp.
- Drinkwater, K.F.** 1992. AFAP Climate Studies in the Scotia-Fundy Region. CAFSAC Working Paper 92/102: 10 pp.
- Drinkwater, K.F., B. Petrie, and S. Narayanan.** 1992. Environmental Conditions in the Newfoundland Region in 1991. NAFO Working Paper 92/18. Presented at the Special Meeting of the NAFO Scientific Council, June 1-2, 1992: 12 pp.
- Ellis, K.M., R.W.P. Nelson, and J.N. Smith.** 1992. Environmental monitoring report for the Point Lepreau, N.B. Nuclear Generating Station - 1989, 1990. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean. Sci. 142: iv + 57 pp.
- Frank, K.T., J.W. Loder, J.E. Carscadden, W.C. Leggett, and C.T. Taggart.** 1992. Larval Flatfish Distributions and Drift on the Southern Grand Bank. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49(3): 467-483.
- Gershney, R.M., E.P. Jones, and D.W.R. Wallace.** 1992. Halocarbon distributions in the North Atlantic Ocean and Labrador Sea determined by purge and trap capillary GC, Proc. 1992 Ocean. Sci. Meeting. EOS 72: 62. (Abstract)
- Greenberg, D.A., J.W. Loder, Y. Shen, D.R. Lynch, and F.E. Werner.** 1992. A Finite Element Model for the Study of Georges Bank Circulation, p.84. Proc. 26th Annual CMOS Congress, Laval Univ., Quebec, June 8-12, 1992. (Abstract).
- Greenberg, D.A. and D.R. Lynch.** 1992. Gulf of Maine Circulation Modelling, p.127-143. In Wiggen, J. and C.N.K. Mooers [ed.] Proc. Gulf of Maine Scientific Workshop, Woods Hole, 8-10 Jan. 1991. Gulf of Maine Council on the Marine Environment, Boston. Urban Harbors Institute, Univ. Mass.
- Hargrave, B.T., P. Germain, J.-C. Philippot, G. Hemon, and J.N. Smith.** 1992. Stable Elements and Po-210 in the Deep-Sea Amphipod *Eurythenes gryllus*. Deep-Sea Res. 39: 37-44.
- Hendry, R.M.** 1992. CSS Hudson 91-007/91-015 Cruise Report. Unpub. MS: 45 pp.
- Herman, A.W., N.A. Cochrane, and D.D. Sameoto.** 1992. Detection and Abundance Estimation of Euphausiids Using an Optical Plankton Counter. Mar. Ecol. Prog. Ser. 94: 165-173.
- Herman, A.W.** 1992. Design and Calibration of a New Optical Plankton Counter Capable of Sizing Small Zooplankton. Deep-Sea Res. 39: 395-415.
- Holladay, J.S., J. Lee, I. St. John, J. Rossiter, L. Lalumiere, and S. Prinsenberg.** 1992. Real-time Airborne Electromagnetic Measurement of Sea Ice. Soc. Explor. Geophys., New Orleans, Nov. 1992: 5 pp.
- Ikeda, M.** 1992. Numerical Simulation of Mesoscale Features in the North Atlantic Current Observed by Geosat Altimeter Data. Proc. 26th Annual CMOS Congress, Laval Univ. Quebec. June 8-12, 1992. (Abstract).
- Ikeda, M.** 1992. Recent Development of Coupled Sea Ice-ocean Modelling over the Continental Shelf. Trends in Oceanography 1: 153-162.
- Ikeda, M. and C.L. Tang.** 1992. Detection of the Labrador Current using Ice Floe Movement in Synthetic Aperture Radar Imagery and Ice Beacon Trajectories. Atmos.-Ocean 30: 223-245.
- Ikeda, M. and Li Q. Zhang.** 1992. Mesoscale Stability of an Ocean Current over the Continental Slope in the Bryan-Cox Primitive Equation Model. J. Mar. Res. 3: 519-527.
- Jones, E.P.** 1992. Oden 91 Expedition to the Arctic Ocean. CMOS NEWSLETTER/NOUVLELLES SCMO 20(1): 7.
- Jones, E.P., F. Zemlyak, and P. Stewart.** 1992. Operating Manual for the Bedford Institute of Oceanography Automated Dissolved Oxygen Titration System. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 138: iv + 51 pp.
- Jones, E.P.** 1992. Chlorofluorocarbon Measurements in the Arctic Ocean: Ventilation and Circulation of Water Masses in the Eurasian Basin. EOS 73: 145. (Abstract)
- Jones, E.P., and L.G. Anderson.** 1992. Tracing Circulation in the Arctic Ocean with Chlorofluorocarbons. Annal. Geophys. 10 (Supplement): C197. (Abstract).
- Jones, E.P.** 1992. Ocean Climate Questions and the CO<sub>2</sub> Problem: Transport of CO<sub>2</sub> from the Atmosphere to the Deep Ocean. CMOS NEWSLETTER/NOUVLELLES SCMO 20(3): 6 pp.
- King, T.L., J.F. Uthe, and C.J. Musial.** 1992. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Digestive Glands of the American Lobster, *Homarus americanus* captured in the proximity of a coal-coking plant. Bull. Envir. Contam. and Toxicol. 50: 907-914.
- Kranck, K., and T.G. Milligan.** 1992. Characteristics of suspended Particles at an 11 Hour Anchor Station in San Francisco Bay, California. J. of Geophys. Res. 97: 11-11, 382.
- Kranck, K., E. Petticrew, T.G. Milligan, and I.G. Droppo.** 1992. In Situ Particle Size Distributions Resulting from Flocculation of High Concentration Suspended Sediment, p.60-75. In Ashish J. Mehta [ed] Nearshore and Estuarine Cohesive Sediment Transport, Coastal and Estuarine Studies Series 42.
- Lalumiere, L.A.** 1992. Analysis of Snow Thickness Data Collected by Impulse Radar Over the Beaufort Sea Shelf in 1991, 1992. Can. Contr. Rep. Hydrogr. Oc. Sci. 43: viii + 73 pp.
- Lee, K. and E.M. Levy.** 1992. Microbial Degradation of Petroleum in an Intertidal Beach Environment: *In situ* Sediment Enclosure Studies", p.140-156. In C.S. Wong and P.J. Harrison [ed] Marine Ecosystem Enclosed Experiments: Proceedings of a symposium held in Beijing, People's Repub. China, May 9 to 14, 1987, Int'l Dev. Res. Ctr. (IDRC) Ottawa.
- Levy, E.M.** 1992. Persistent Marine Debris: Petroleum Residues and Plastics in the World's Oceans. The Science of Global Change, ACS Symposium Series 224-239.
- Loder, J.W., R.I. Perry, K.F. Drinkwater, J. Grant, G.C. Harding, W.G. Harrison, E.P.W. Horne, N.S. Oakey, C.T. Taggart, M.J. Tremblay, D. Brickman, and M.M. Sinclair.** 1992. Physics and Biology of the Georges Bank Frontal System, p.57-61. In J. Cook [ed] Science Review 1990 & '91, Dept. Fish. Oceans, Dartmouth, N.S.

- Loder, J.W.**, and C.K. Ross. 1992. Current and Hydrographic Variability on the Southeast Shoal of the Grand Bank. Proc. 26th Annual CMOS Congress, Laval Univ., Quebec, June 8-12, 1992. (Abstract).
- Loder, J.W.** (Chairman) and others. 1992. Circulation and Hydrography (Working Group Report), p.159-168. *In* Report of the 1991 Gulf of Maine Scientific Workshop, Woods Hole, Mass.
- Loder, J.W.**, D. Brickman, and E.P.W. Horne. 1992. Detailed Structure of Currents and Hydrography on the Northern Side of Georges Bank. *J. Geophys. Res.* 97(C9): 14,331-14,351.
- Loring, D.**, and R.T.T. Rantala. 1992. Manual for the Geochemical Analyses of Marine Sediments and Suspended Particulate Matter. *Earth-Science Rev.* 32: 235-283.
- Lynch, D.R.**, F.E. Werner, D.A. Greenberg, and J.W. Loder. 1992. Diagnostic Model for Baroclinic Wind-Driven and Tidal Circulation in Shallow Seas. *Cont. Shelf Res.* 12(1): 37-64.
- Mertz, G.**, and D.G. Wright. 1992. Interpretations of the JEBAR Term. *J. Phys. Ocean.* 22: 301-305.
- Misra, Raj K.**, J.F. Uthe, and C.J. Musial. 1992. Multivariate Analysis of a Round-Robin Study on the Measurement of Chlorophenyls in Fish Oil. *The Analyst* 117: 1085-1091.
- Misra, R.K.**, and J.F. Uthe. 1992. A Proposal for Judging Laboratory Performance in Trend Studies. Report of the Working Group on Statistical Aspects of Trend Monitoring. ICES C.M. 1992/Poll 1. Annex 5: 6 pp.
- Misra, R.K.** 1992. A Multivariate Procedure for Linear Comparisons of Mean Vectors When Residual Covariance and Regression Coefficient Matrices are Unequal. *Biometrical Journal* 34(7): 771-779.
- Myers, R.A.**, K. Drinkwater, and S. Brown. 1992. The Influence of Salinity on 2J3KL Cod Recruitment. NAFO SCR Doc. 92/74: 12 pp.
- Myers, R.A.**, K.F. Drinkwater, N. Barrowman, and J. Baird. 1992. The Influence of Salinity on Cod Recruitment in the Newfoundland Region. CAFSAC Res. Doc. 92/98: 22 pp.
- Narayanan, S.**, S.J. Prinsenberg, and E. Colbourne. 1992. Overview of Environmental Conditions in 2J3KL NAFO Subareas in 1991: NAFO SCR. Doc 92/6: 27 pp.
- Needler, G. T.** 1992. The World Ocean Circulation Experiment. *Oceanus* 35: 74-78.
- Novelli, A.**, M.T. Fernandez-Sanches, J. Kispert, A. Torreblanca, S. Gascon and V. Zitko. 1992. The Amnesic Shellfish Poison Domoic Acid Enhances Neurotoxicity by Excitatory Amino Acids in Cultured Neurons. *Amino Acids* 2: 233-244.
- Novelli, A.J.** Kispert, M.T. Fernandez-Sanches, A. Torreblanca and V. Zitko. 1992. Domoic Acid-containing Toxic Mussels Produce Neurotoxicity in Neuronal Cultures Through a Synergism Between Excitatory Amino Acids. *Brain Res.* 577: 41-48.
- O'Boyle, R.**, T. Rowell, K. Drinkwater, and B. Petrie. 1992. Atlantic Fisheries Adjustment Program, p.68-74. *In* J. Cook [ed.] Science Review 1990 & '91. Dept. Fish. Oceans, Dartmouth, N.S.
- O'Neill, J.T.**, and J.L. Bodner (ED.). 1992. Oceans - An Oceanographic Analysis System; User Reference, ver. 1.52 (May 1, 1992).
- Oakey, N.S.** 1992. Tidal Mixing Studies on Georges Bank. AGU Spring Meeting, Paper 032E-2. (Abstract).
- Oakey, N.S.**, and R.G. Pettipas. 1992. Vertical Mixing Rates on Georges Bank during June-July and October, 1988. *Can. Data Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* 110: iv + 226 pp.
- Perrie, W.**, and L. Wang. 1992. Coupling Wind and Wave Models. *In* Proc. AES Marine Workshop Program. Oct. 26-30, 1992. Halifax, N.S.: 7 pp.
- Perrie, W.**, and D. Resio. 1992. Properties of evolving and fully developed wind-generated Waves, p.115-125. *In* Proc. Third Int. Waves Workshop, Montreal, May 20-22, 1992.
- Perrie, W.**, and B. Toulany. 1992. Enhanced Wave Predictions from Assimilation of Wind Speeds and Wave heights from GEOSAT During LEWEX, p.194-201. *In* Proc. Third Int. Waves Workshop, Montreal, May 20-22, 1992.
- Perrie, W.**, and W. Liangming. 1992. The Impact of Coupling the Boundary Layer to Ocean Waves, p.150-158. *In* Proc. Third Int. Waves Workshop, Montreal, May 20-22, 1992.
- Perrie, W.**, B. Toulany, and Z. Zhu. 1992. Wind Estimates from Observed Directional Wave Spectra. *In* Proc. Third Int. Waves Workshop. Montreal, May 20-22, 1992.
- Petrie, B.**, K. Drinkwater, and R. Pettipas. 1992. Long-term Temperature and Salinity Variability on the Scotian Shelf and in the Gulf of Maine, p.91-117. *In* The Climate of Nova Scotia, Symposium, November 19, 1991, AES, Environment Canada.
- Petrie, B.** 1992. Ocean Climate Variability on the Newfoundland and Labrador Shelves. CAFSAC Working Paper 92/110: 14 pp.
- Petrie, B.**, and J. Elliott. 1992. Summary-Current Modelling Session, p.112-113. *In* Proc. Ocean Model Workshop held at BIO, January 15-17, 1992. *Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* 140.
- Petrie, B.**, K. Drinkwater, and R. Pettipas. 1992. Longterm Temperature and Salinity Variability on the Scotian Shelf and in the Gulf of Maine, p.114. Proc. 26th Annual CMOS Congress, Laval Univ., Quebec, June 8-12, 1992. (Abstract).
- Petrie, B.**, J.W. Loder, S. Akenhead, and J. Lazier. 1992. Temperature and Salinity Variability on the Eastern Newfoundland Shelf: The Residual Field. *Atmos.-Ocean* 30(1): 120-139.
- Petrie, L.** 1992. Oceanographic and Biological Data Relating to Short-Finned Squid (*Illex illecebrosus*) Southern Florida, January 1986. *Can. Data Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* 111: vii + 47 pp.
- Pocklington, R.** 1992. On the absence of evidence for a causal relationship between anthropogenic emissions of CO<sub>2</sub>, increasing atmospheric CO<sub>2</sub> concentration, and global warming, p.78-90. *In* The Climate of Nova Scotia, AES, Environment Canada, Ottawa.
- Pocklington, R.** 1992. On the Absence of Evidence for a Causal Connection between Anthropogenic Emissions of CO<sub>2</sub>, Increasing Atmospheric CO<sub>2</sub> Concentration, and Global Warming. *Delta* 3:6-7.
- Prinsenberg, S.J.**, and I.K. Peterson. 1992. Newfoundland Shelf Sea Ice program, 1991. *Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* 141: vii + 99 pp.
- Prinsenberg, S.J.**, J.S. Holladay, J.R. Rossiter, and L.A. Lalumiere. 1992. 1991 Beaufort Sea EM/Radar Ice and Snow Sounding Project. *Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean. Sci.* 139: vi + 61 pp.
- Prinsenberg, S.J.** 1992. Effect of the Snow Cover on Ice Growth Rates at Land-fast Ice Stations in the Canadian Arctic. IAHR 92, Proc. of 11th Int. Symp. on Ice, 2: 633-644.
- Prinsenberg, S.J.** 1992. Ice Cover Effects On the Ocean in the Marginal Ice Zone. *In*: The Effects of Sea Ice on the Atmosphere, Ocean and Structures in the Marginal Ice Zone, p. 1-13. Inst. for Space and Terrestrial Science Rep. ISTS-EOL-PR92-005.
- Prinsenberg, S.J.**, and I.K. Peterson. 1992. Sea-Ice Properties off Labrador and Newfoundland During LIMEX '89. *Atmos.-Ocean.* 30(2): 207-222.
- Prinsenberg, S.** 1992. Research and Development in Sea Ice Modelling, p. 18-25. *In*

- Proc. Ocean Model Workshop., Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 140.
- Prosi, F., D.H. Loring, and H. Back.** 1992. Biochemical Pathways of Cadmium through an artificially contaminated Intertidal Mudflat system - A medium scale enclosure experiment. *Oecologia* 91: 396-403.
- Quon, Charles and Michael Ghil.** 1992. Multiple Equilibria in Thermohaline Convection due to Salt-flux Boundary Conditions. *J. Fluid Mech.* 245: 449-483.
- Rahman, M., M.G. Satish, W. Perrie, and J. Zhu.** 1992. Drift Forces on a Pair of Vertical Cylinders. *Int. J. Num. Meth. Fluids* 15: 817-838.
- Resio, D., W. Perrie, S. Thurston, and J. Hubertz.** 1992. A Generic Third-Generation Wave Model: AL, p.102-114. *In Proc. 3rd Int. Workshop on Wave Modelling, Montreal, May 20-22, 1992.*
- Rossiter, J.R., J.S. Holladay, and L.A. Lalumiere.** 1992. Validation of airborne sea ice thickness measurement using Electromagnetic Induction during LIMEX '89 (UP-C8-028). *Can. Contr. Rep. of Hydrogr. Ocean Sci.* 41: x + 86 pp.
- Sandstrom, H., V. Tverberg, and N. Oakey.** 1992. On Multi-layer and Continuous Flow over Topography — Hydrostatic Solution. AGU Fall Meeting, Paper A21E-11. (Abstract).
- Sangalang, G., and J.F. Uthe.** 1992. Development of a Biochemical General Stress Test for Juvenile Atlantic Salmon, p.168-170. *In B.L. Beattie [ed.] Atlantic Region LRTAP Monitoring and Effects Workshop. AES, Environment Canada, Bedford, N.S. February 1992.*
- Smith, S.D.** 1992. Air-Sea-Ice Exchange Processes, p.53-59. *In W.A. Nierenberg [ed.] Encyclopedia of Earth Systems Science, Vol. 1, Academic Press, San Diego.*
- Smith, S.D.** 1992. [Ed.] 1992. HEXOS Newsletter 14, October 1992. Bedford Inst. of Oceanography: 29 pp.
- Smith, S.D., R.J. Anderson, W.A. Oost, C. Kraan, N. Maat, J. DeCosmo, K. B. Katsaros, K. L. Davidson, K. Bumke, L. Hasse, and H.M. Chadwick.** 1992. Sea Surface Wind Stress and Drag Coefficients: The Hexos Results. *Boundary-Layer Meteorology* 60: 109-142.
- Smith, S.D.** 1992. Air-Sea-Ice Interaction and the Marginal Ice Zone, p.14-21. *In M.M. Manore and D.G. Barber [ed.] Proc. 1991 CIWG Workshop on the Marginal Ice Zone. Rep. ISTS-EOL-TR92-005, Earth Observations Laboratory, Inst. for Space and Terrestrial Science and Dept. of Geography, Univ. of Waterloo.*
- Stocker, T.F., D.G. Wright and W.S. Broecker.** 1992. The Influence of High-Latitude Surface Forcing on the Global Thermohaline Circulation. *Paleoceanography* 7: 529-541.
- Stocker, T.F., D.G. Wright and W.S. Broecker.** 1992. The Influence of High-Latitude Surface Forcing on the Global Thermohaline Circulation. *In Ice in the Climate System: A NATO advanced research workshop. Aussois, France. (Abstract).*
- Stocker, T.F., D.G. Wright and L.A. Mysak.** 1992. A Zonally Averaged Coupled Ocean-Atmosphere Model for Paleoclimate Studies. *J. of Climate* 5: 773-797.
- Strain, P.M. and F.C. Tan.** 1992. Seasonal Evolution of Oxygen Isotope — Salinity Relationships in High Latitude Surface Waters. American Geophysical Union Annual Meeting, San Francisco, December 7-11, 1992. (Abstract).
- Tan, F.C. and J.M. Edmond.** 1992. Sources and Transport of Organic Carbon in the Orinoco Basin. 29th International Geological Congress, Kyoto, Japan, August 24 to September 3, 1992. (Abstract).
- Tang, C.L. and M. Manore.** 1992. Preface of LIMEX Special Issue. *Atmos.-Ocean* 2: 147-150.
- Tang, C.L.** 1992. Oceanographic Features in the Newfoundland Marginal Ice Zone. *Atmos.-Ocean* 30(2): 151-172.
- Tang, C.L., and T. Yao.** 1992. A Simulation of Sea-Ice Motion and Distribution off Newfoundland during LIMEX, March 1987. *Atmos.-Ocean* 30(2): 270-296.
- Tang, C.L., A. Cavanie, M. El-Tahan, F. Gohin, and R.F. McKenna.** 1992. Oceanic and Ice Processes in the Newfoundland Marginal Ice Zone. AGU Western Pacific Geophysics Meeting. August 17-21, 1992, Hong Kong. (Abstract)
- Tang, C.L., and Q.Y. Gui.** 1992. Atlas of Oceanographic and Ice Conditions in the Newfoundland Shelf and Northern Grand Bank, March-April 1990. *Can. Data Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* 105: viii + 189 pp.
- Tee, K.T.** 1992. Modelling of Low-frequency Salinity Variations in the St. Lawrence Estuary. *Coastal and Estuarine Studies* 40: 209-230.
- Trites, R.W., and L. Petrie.** 1992. Temperature and Salinity Measurements at the Salmonid Demonstration and Development Farm, L'Etang Inlet, N.B. during the Period 1986-1991. *Can. Data Rept. Hydrogr. Ocean Sci.* 115: iii + 24 pp.
- Uthe, John F. and R.K. Misra.** 1992. Monitoring Chemical Contaminants in Fish: The Experience of the International Council for the Exploration of the Sea. 1. Problems in the Design and Execution of Monitoring Studies. 2. Problems in the Statistical Analysis of Data from the Monitoring Studies. Presented (by invitation) at the Workshop on Designing Field Studies Concerning Environmental Contaminants, held at the Institute of Ocean Sciences, Sidney, B.C., May 11 and May 13, 1992; 15 pp. (Extended abstract).
- Uthe, J.F. (Chairman).** 1992. Report of the Working Group on Statistical Aspects of Trend Monitoring. *ICES C.M. 1992/Poll. 1:* 48 pp.
- Vachon, P.W., F.W. Dobson, S.D. Smith, R.J. Anderson, J.R. Buckley, M. Allingham, D. Vandemark, E.J. Walsh, M. Khandekar, R. Lalbeharry, and E. Gill.** 1992. The Grand Banks ERS-1 SAR Wave Spectra Validation Experiment. *Proc. ERS-1 Symposium, Cannes, France, Nov. 1992. European Space Agency:* 6 pp.
- Vachon, P., F.W. Dobson, and M. Khandekar.** 1992. High Sea State Validation of the ERS-1 SAR. *Proc. IGARSS 1992, Austin, TX, April 1992.*
- Waiwood, B.A., K. Haya, and L. Van Eeckhaute.** 1992. Energy Metabolism of Hatchery-reared Juvenile Salmon (*Salmo salar*) Exposed to Low pH. *Comp. Biochem. Physiol.* 101C: 49-56.
- Wells, P.G., and J.M. Bowers.** 1992. Progress and Trends in Marine Environmental Protection: An Introduction and Tribute to Michael Waldichuk. 1992. *Mar. Poll. Bull.:* 2(1-4): 3-5.
- Wells, P.G. and J.M. Bowers [ED.]** 1992. Progress and Trends in Marine Environmental Protection. *Mar. Poll. Bull.* 25: 119 pp.
- Wells, P.G. and J.M. Bowers.** 1992. Challenges for Improved Marine Environmental Protection: Summary. 1992. *Mar. Poll. Bull.* 25: 1-4, 112-117.
- Werner, F.E., F.H. Page, D.R. Lynch, J.W. Loder, R.G. Lough, R.I. Perry, D.A. Greenberg, and M.M. Sinclair.** 1992. Influences of Mean Advection and Simple Behaviour on the Distribution of Cod (*Gadus morhua*) and Haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) on Georges Bank, p.319. *EOS* 73(43). (Abstract).
- Wohlgemuth, Gary D., Ken H. Mann, D.V. Subba Rao, and Roger Pocklington.** 1992. Dynamics of the Phycotoxin Domoic

Acid: Accumulation and Excretion in Two Commercially Bivalves. *J. Applied Phycology* 4: 297-310.

**Wright, D.G.**, and T.F. Stocker. 1992. Ice and the Younger Dryas. *In* Ice in the Climate System: A NATO advanced research workshop, Aussois, France. (Abstract).

**Wright, D.G.** and T.F. Stocker. 1992. Deep water mass properties in a 2.5D model of the global ocean, p.140. *In* Proc. 26th Annual CMOS Congress, Laval Univ., Quebec, June 8-12, 1992. (Abstract).

**Wright, D.G.** and T.F. Stocker. 1992. Sensitivities of a Zonally Averaged Global Ocean Circulation Model. *J. Geophys. Res.* 97(C8): 12,707-12,730.

**Wright, D.G.** 1992. Finite-Difference Approximations to the Advection-Diffusion Equation. *Tellus* 44A: 261-269.

**Wright, D.G.**, and A.J. Willmott. 1992. On the Buoyancy-Driven Abyssal Circulation of the Southern Ocean. *J. Phys. Oceanogr.* 22: 139-154.

**Yeats, P.A.**, J.A. Dalziel, and S.B. Moran. 1992. A Comparison of Dissolved and Particulate Mn and Al Distributions in the Western North Atlantic. *Oceanologica Acta* 15: 609-619.

**Yeats, P.A.** 1992. The Distribution of Dissolved Vanadium in Eastern Canadian Coastal Waters. *Est., Coast. and Shelf Sci.* 34: 85-93.

**Yoshida, J.**, and N. Oakey. 1992. Mixing Studies at a Front on Georges Bank. *In* AGU Spring Meeting, Paper 032E-3 (Abstract).

**Zitko, V.** 1992. Patterns of 2,3,7,8-substituted Chlorinated Dibenzodioxins and Dibenzofurans in Aquatic Fauna. *Sci. of Tot. Environ.* 111: 95-108.

**Zitko, V.** 1992. Assessment of the Significance of Chemicals in Sediments. *J. Env. Sci. Health A27*: 273-281.

### 1993

**Anderson, L.G.**, D. Dyrssen, and E.P. Jones. 1993. On Determining the Oceanic Uptake of Anthropogenic CO<sub>2</sub>. *Proc. 4th Int. CO<sub>2</sub> Conf.*, Carqueiranne, France, Sept. 13-17, 1993.

**Anderson, R.J.** 1993. A Study of Wind Stress and Heat Flux Over the Open Ocean by the Inertial-Dissipation Method. *J. Phys. Oceanogr.* 23(10), 2153-2161.

**Anderson, R.J.**, S.D. Smith, and F.W. Dobson. 1993. Wind Stress Measurements during the ERS-I CAL-VAL Experiment. *Proc. 27th Annual CMOS Congress*,

Fredericton, N.B., June 8-11, 1993. (Abstract)

**Bewers, J.M.**, and J. Karau. 1993. Sediment Quality Guideline Development in Canada. ICES paper C.M. 1993/E.17.

**Bonardelli, J.C.**, K. Drinkwater, and J.H. Himmelman. 1993. Current Variability and Upwelling Along the North Shore of Baie des Chaleurs. *Atmos.-Ocean* 31: 541-565.

**Brickman, D.**, and J.W. Loder. 1993. The Energetics of the Internal Tide on Northern Georges Bank. *J. Phys. Oceanogr.* 23(3): 409-424.

**Burridge, L.E.**, and K. Haya. 1993. The Lethality of Ivermectin, a Potential Agent for Treatment of Salmonids Against Sea Lice, to the Shrimp Crangon Septemspinosa. *Aquacult.* 117: 9-14.

**Chou, C.L.**, and B.A. MacLeod. 1993. Cadmium in American Lobster (*Homarus americanus*) from the area of Belledune Harbour, New Brunswick, Canada - 1992 results. *Rep. to National Health & Welfare Canada*, 9 pp.

**Chou, C.L.**, and J.F. Uthe. 1993. Cadmium in American Lobster (*Homarus americanus*) from the Area of Belledune Harbour, New Brunswick, Canada: 1980-1992 Results. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1916: vi + 25 pp.

**Chou, C.L.** and J.F. Uthe, and R.D. Guy. 1993. The Determination of Free and Bound Metal Ions in Lobster (*Homarus americanus*) Digestive Gland Extracts by Gel Chromatography followed by Atomic Absorption Spectrophotometry and Polarography. *J. Assoc. Official Analytical Chemists Intl.* 76: 794-798.

**Clarke, R. Allyn.** 1993. The North Atlantic Current in the Northwest Atlantic, p.89-92. *In* P. Malonette-Rizolli and T. Rossby [ed.] *The North Atlantic Current System: A Scientific Report.* MIT Press, Cambridge, MA.

**Clarke, R.A.** 1993. The World Ocean Circulation Experiment (WOCE). *Bull. WMO*: 42(1): 28-33.

**Dalziel, J.A.**, P.A. Yeats, and D.H. Loring. 1993. Water Chemistry and Sediment Core Data from Pictou Harbour and the East River Estuary. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1917: iv + 78 pp.

**Dobson, F.W.** S.D. Smith, R.J. Anderson, P.W. Vachon, D. Vandemark, J.R. Buckley, M. Allingham, M. Khandekar, R. Lalbeharry, and E. Gill. 1993. The Grand Banks ERS-I SAR Wave Equipment. *EOS* 74(4): 41 & 44-45.

**Dobson, F.W.**, S.D. Smith, and P.W. Vachon.

1993. Recent Results from the Grand Banks ERS-I SAR Experiment. *Proc. 27th Annual CMOS Congress*, Fredericton, N.B., June 8-11, 1993. (Abstract)

**Donelan, M.A.**, F.W. Dobson, S.D. Smith, and R.J. Anderson. 1993. On the Dependence of Sea Surface Roughness on Wave Development. *Amer. Met. Soc.* 23: 2143-2149.

**Fernandez, M.T.**, V. Zitko, S. Gascon, A. Torreblanca, A. Novelli. 1993. Neurotoxic Effect of Okadaic Acid, a Seafood-related Toxin, on Cultured Cerebellar Neurons. *Annals N.Y. Acad. Sci.* 679: 260-269.

**Gammelsrød, T.**, L.G. Anderson, E. Fogelqvist, A. Foldvik, E.P. Jones, O.A. Nøst, K. Olsson, Ø. Skagseth, T. Tanhua, and S. Østerhus. 1993. Distribution of water masses over the continental shelf in the southern Weddell Sea. *Nansen Centennial Symposium*, Solstrand, Norway, June 21-25.

**Gershey, R.M.** and E.P. Jones. 1993. Distribution of inorganic carbon and halocarbons in the Labrador Sea. *Third Scientific Meeting of the Oceanographic Society*, Seattle, WA, April 13-16.

**Gershey, R.M.** and E.P. Jones. 1993. Assessing recent ventilation of the Labrador Sea: Measurement of halocarbons and total dissolved inorganic carbon. *Proc. 27th Annual CMOS Congress*, Fredericton, N.B., June 8-11, 1993. (Abstract)

**Gordon, D.C., Jr.**, P.J. Cranford, D.K. Muschenheim, J.W. Loder, P.D. Keizer, and K. Kranck. 1993. Predicting the Environmental Impacts of Drilling Wastes on Georges Bank Scallop Populations, p.139-147. *In* *Proc. Can. Soc. Env. Biologists, Conf. on Managing Env. Impact of Offshore Oil Prod.*, St. John's, Nfld., April 1992.

**Greenberg, D.A.**, T.S. Murly, and A. Ruffman. 1993. A Numerical Model for the Halifax Harbour Tsunami Due to the 1917 Explosion. *Mar. Geod.* 16(2): 153-167.

**Greenberg, D.A.**, T.S. Murty, and A. Ruffman. 1993. The Tsunami from the 1917 Explosion in Halifax Harbour. *Proc. 27th Annual CMOS Congress*, Fredericton, N.B. June 8-11, 1993. (Abstract).

**Greenberg, D.A.**, J.A. Loder, and Y. Shen. 1993. The Influence of Wind and Scotian Shelf Inflow on the Circulation Around Georges Bank, p.53. *Proc. 27th Annual CMOS Congress*, Fredericton, N.B., June 8-11, 1993. (Abstract).

**Gregory, D.**, B. Petrie, F. Jordan, and P. Langille. 1993. Oceanographic, Geographic and Hydrological Parameters of Scotia-

- Fundy and Southern Gulf of St. Lawrence Inlets. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 143: viii + 248 pp.
- Gregory, D., E. Verge, and P. Langille.** 1993. Long-term Temperature Monitoring Program 1991/1992 Scotia-Fundy and the Gulf of St. Lawrence. Can. Data Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 120: vi + 309 pp.
- Gurbutt, P.A., B. Petrie, and F. Jordan.** 1993. The Physical Oceanography of the Bras D'Or Lakes: Data Analysis and Modelling. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 147: vii + 61 pp.
- Hamilton, J.M., N.S. Oakey, and D.E. Kelley.** 1993. Salt Finger Signatures in Microstructure Measurements. J. Geophys. Res. 98(2): 2453-2460.
- Han, G., M. Ikeda, and P.C. Smith.** 1993. Annual Variation of Sea-Surface Slopes over the Scotian Shelf and Grand Banks from Geosat Altimetry. Atmos.-Ocean 31(4): 591-615.
- Haya, K., J.L. Martin, B.A. Waiwood, and L.E. Burridge.** 1993. Uptake and Depuration of Paralytic Shellfish Toxins by Mussels Cultured in the Southwest Bay of Fundy, Eastern Canada, p. 94. In Proc. 6th Int. Conf. Toxic Mar. Phytoplank., Nantes, France, Oct. 18-22, 1993.(Abstract).
- Haya, K., B.A. Waiwood and J.L. Martin.** 1993. Depuration of Paralytic Shellfish Toxins by Giant Scallops Captured from the Bay of Fundy, Canada, p. 95. Proc. 6th Int. Conf. Toxic Mar. Phytoplank., Nantes, France, Oct. 18-22, 1993.(Abstract).
- Hendry, R.M.** 1993. Bedford Institute of Oceanography CTD Trials. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 148: iv + 97 pp.
- Hendry, R.M.** 1993. Currents South of the Grand Banks at 50°: Estimates of Mass Transport. In, The North Atlantic Current System: A Scientific Report, p.111-112. In P. Malanotte-Rizzoli and T. Rossby [ed.]. MIT, Boston, MA.(Extended Abstract).
- Hendry, R.M.** 1993. Seasonal Variations of Slope Water Currents South of the Grand Banks from GEOSAT and in situ Measurements. Annales Geophysicae, European Geophysical Society, Vol. 11 (supp), Part 1: C 101 (Abstract).
- Herman, A.W., N.A. Cochran, and D.D. Sameoto.** 1993. Detection and Abundance Estimation of Euphausiids Using an Optical Plankton Counter. Mar. Ecol. Prog. Ser. 94: 165-173.
- Herman, A. W.** 1993. Instruments for Measuring Subice Algal Profiles and Productivity in situ. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50(2): 359-369.
- Herman, A.W., D.F. Knox, J. Conrad, and M.R. Mitchell.** 1993. Instruments for Measuring Subice Algal Profiles and Productivity in situ. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50(2): 359-369.
- Ikeda, M.** 1993. Mesoscale Variabilities and Gulf Stream Bifurcation in the Newfoundland Basin Observed by the Geosat Altimeter Data. Atmos.-Ocean 31(4): 567-589.
- Ikeda, M. and R.A. Wood.** 1993. Mesoscale Stability of an Ocean Current in the Bryan-Cox Model. J. Geophys. Res. 98: 12,527-12,536.
- Jones, E.P., L.G. Anderson, and B. Rudels.** 1993. The deep water of the Canadian Basin. Proc. 27th Annual CMOS Congress, Fredericton, N.B., June 8-11, 1993.(Abstract).
- Jones, E.P., L.G. Anderson, and B. Rudels.** 1993. A model for the formation and circulation of the deep water of the Arctic Ocean. Nansen Centennial Symposium, Solstrand, Norway, June 21-25.
- Kepkay, P.E., S.E.H. Niven, and T.G. Milligan.** 1993. Low Molecular Weight and Colloidal DOC Production During a Phytoplankton Bloom. Mar. Ecol. Prog. Ser. 100: 233-244.
- Khandekar, M.L., and F. Dobson.** 1993. On the Relationships between the Wind Stress Coefficient, Fetch, Wave Age and the Wave Momentum Flux. Proc. Symp. on the Air-Sea Interface, Marseilles, France.
- Lazier, J.R.N., and D.G. Wright.** 1993. Annual Velocity Variations in the Labrador Current. J. Phys. Oceanogr. 23(4): 659-678.
- Loder, J.W., K.F. Drinkwater, N.S. Oakey, and E.P.W. Horne.** 1993. Circulation, Hydrographic Structure and Mixing at Tidal Fronts: The View from Georges Bank. Phil. Trans. Royal Soc. of London (A) 343: 447-460.
- Martin, J.L., K. Haya, and D.J. Wildish.** 1993. Distribution and Domoic Acid Content of *Nitzschia psuedodelicatissima* in the Bay of Fundy, p. 613-618. In T.J. Smayda, and Y. Shimizu [ed.] Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea, Elsevier Science Publishers B.V.
- Misra, R.K., J.F. Uthe, C.L. Chou, D.P. Scott, and C.J. Musial.** 1993. Trend Analysis Using a Multivariate Procedure for Data with Unequal Residual Covariance and Regression Coefficient Matrices: Application to Canadian Atlantic Cod Data. Mar. Poll. Bull. 26(2): 73-77.
- Moran, S.B., K.O. Buessler, S.E.H. Niven, M.P. Bacon, J.K. Cochran, H.D. Livingston and A.F. Michaels.** 1993. Regional Variability in Size-Fractionated C/<sup>234</sup>Th Ratios in the Upper Ocean: Importance of Biological Recycling. Third Scientific Meeting of Oceanogr. Soc., Seattle, Washington, Apr. 13-16, 1993. (Abstract #2-PCP-312.).
- Morgan, M.R., R. Pocklington and K. Drinkwater.** 1993. Temperature Trends at Coastal Stations on the Periphery of the North Atlantic Ocean. Proc. 27th Annual CMOS Congress, Fredericton, N.B., June 8-11, 1993. (Abstract).
- Myers, R.A., K.F. Drinkwater, and N. Barrowman.** 1993. Cold Water and Recruitment in 2J3KL Cod. CAFSAC Res. Doc. 92/97: 13 pp.
- Niven, S.E.H. and R.M. Moore.** 1993. Thorium Sorption in Seawater Suspensions of Aluminum Oxide Particles. Geochimica et Cosmochimica Acta 57: 2169-2179.
- O'Neill, John T. and J.L. Bodner [Ed.]** 1993. Oceans - An Oceanographic Analysis System; User Reference, ver. 1.53 (Feb. 1, 1993); ver. 1.54 (Dec. 1, 1993).
- Perrie, W., and B. Toulany.** 1993. An Accurate Efficient Nonlinear Code for Wave Modelling. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 146: iv + 54 pp.
- Perry, R.I., G.C. Harding, J.W. Loder, M.J. Tremblay, M.M. Sinclair, and K.F. Drinkwater.** 1993. Zooplankton Distributions at the Georges Bank Frontal System: retention or dispersion? Cont. Shelf Res. 13(4): 357-383.
- Peterson, I.K., and S.J. Prinsenber.** 1993. Ice Drift off Newfoundland, Derived from AVHRR Imagery and Ice Beacons. Proc. 16th Canadian Symp. on Remote Sensing, Sherbrooke, Quebec.
- Petrie, B., and F. Jordan.** 1993. Nearshore, Shallow-water Temperature Atlas for Nova Scotia. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 145: v + 84 pp.
- Petrie, B.** 1993. Storm-Forced Currents on the Grand Banks from a Two-Dimensional Barotropic Model. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 152: vi + 145 pp.
- Prinsenber, S.J., J.S. Holladay, and L.A. Lalumiere.** 1993. Electromagnetic/Radar Ice and Snow Sounding Project over the Newfoundland Shelf in 1992. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 144: vii + 59 pp.
- Quon, C., and M. Ghil.** 1993. Multiple Equilibria and Oscillations in Two-Dimensional Thermohaline Convection with One Without Rotation, p. 49-52. In J. Marshall [ed.] Proc. of 9th Conf. on Atmos. and Ocean.

Waves and Stability, San Antonio, Texas. Amer. Met. Soc.

- Quon, C.**, and M. Ghil. 1993. Ocean Climate and Multiple Equilibria in Thermohaline Convection due to Salt-Flux Boundary Conditions, p. 410-419. Proc. of Climate, Environment and Geophysical Fluid Dynamics, Beijing, China. China Meteorological Press.
- Ross, C.K.** 1993. Currents, Temperature and Salinity Data from Eastern Baffin Bay, August 1986 to September 1987. Can. Data Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 118: vii + 193 pp.
- Rudels, B.**, E.P. Jones, and L. Anderson. 1993. Atlantic water in the Arctic Ocean. Proc. 27th Annual CMOS Congress, Fredericton, N.B., June 8-11, 1993. (Abstract)
- Rudels, B.**, E.P. Jones, and L.G. Anderson. 1993. Sources and circulation of intermediate depth waters of the Arctic Ocean. Nansen Centennial Symposium, Solstrand, Norway, June 21-25.
- Sameoto, D.**, N. Cochrane, and A. Herman. 1993. Convergence of Acoustic, Optical, and Net-catch Estimates of Euphausiid Abundance: Use of Artificial Light to Reduce Net Avoidance. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50(2): 334-346.
- Sandstrom, H.**, and C. Quon. 1993. On Time-dependent, Two-layer Flow over Topography. I. Hydrostatic Approximation. Fluid Dynamics Res. 11: 119-137.
- Smith, S.D.** 1993. Hindcasting iceberg drift using current profiles and winds. Cold Region Sci. and Tech. 22: 33-45.
- Smith, S.D.**, F.W. Dobson, and R.J. Anderson. 1993. The Wind Stress - Sea State Relationship with Mixed Sea and Swell. Proc. Symposium on the Air-Sea Interface, Marseilles, France.
- Smith, J.N.** and J.M. Bewers. 1993. Radionuclides in the Marine Environment — Uses and Concerns. Can. Chem. News: 23-25.
- Strain, P.M.**, and F.C. Tan. 1993. Seasonal Evolution of Oxygen Isotope-Salinity Relationships in High-latitude Surface Waters. J. Geophys. Res. 98(C8): 14,589-14,598.
- Subba Rao, D.V.**, Y. Pan, V. Zitko, G. Bugden, K. MacKeigan. 1993. Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP) Associated with a Subsurface Bloom of Dinophysis Norvegica in Bedford Basin, Eastern Canada. Mar. Ecol. Prog. Ser. 97: 117-126.
- Tan, F.C.**, and P.M. Strain. 1993. Sea Ice and Oxygen Isotopes in Hudson Bay and Hudson Strait, Canada. Proc. 3rd Int. Symposium,

The Arctic Estuaries and Adjacent Seas: Biogeochemical Processes and Interaction with Global Change, Svetlogorsk, Russia, April 19-25, 1993. (Abstract).

- Tan, F.C.**, and J.M. Edmond. 1993. Carbon Isotope Geochemistry of the Orinoco Basin. Est., Coast. Shelf Sci. 36: 541-547.
- Tang, C.L.** 1993. Newfoundland Marginal Ice Zone. Proc. Int. Symp. on Sea-ice, Beijing, Oct. 19-22, 1993. (Abstract).
- Tang, C.L.** 1993. Effects of Winter Storms on Sea-Ice Over the Newfoundland Shelf. Proc. 27th Annual CMOS Congress, Fredericton, N.B., June 8-11, 1993. (Abstract).
- Tang, C.L.** (Ed.) 1993. Workshop on Remote Sensing of Sea-ice. Dartmouth, July 19-20, 1993.
- Tee, K.T.**, P.C. Smith, and D. LeFaivre. 1993. Topographic Upwelling off Southwest Nova Scotia. J. Phys. Oceanog. 23(8): 1703-1726.
- Tee, K.T.** 1993. Multiple Equilibrium State of the North Atlantic Ocean, p.325. EoS Trans. AGU 74(43).
- Tilley, D.G.**, J.R. Buckley, F.W. Dobson, and R. Lalbeharry. 1993. Progress in SAR Ocean Wave Spectral Simulation and Inversion Using ERS-1 and Almaz Satellite Imagery and *in situ* Data from the Grand Banks Experiment. Proc. IGARSS 1993. Tokyo, Japan.
- Topliss, B.J.**, P. Challenor, R. Tokamkian, and H. Snaith. 1993. A Review of GEOSAT Data over Canadian East Coast Waters. Can. J. Rem. Sens. 19(2): 117-130.
- Tremblay, J.J.**, J.W. Loder, F.E. Werner, C.E. Naimie, D.R. Lynch, F.H. Page, and M.M. Sinclair. 1993. Modelling the Dispersal of Sea Scallop Larvae on Georges Bank in Autumn: the Effects of Mean Advection, Larval Behaviour and Larval Origin, p. 85. Proc. 27th Annual CMOS Congress, Fredericton, N.B., June 8-11, 1993.(Abstract).
- Trites, R.W.**, and L. Petrie. 1993. Moored Current Meter Data from L'Etang Inlet, New Brunswick, 1988-1990. Can. Data Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 121: iii + 121 pp.
- Uthe, J.F.** (Chairman). 1993. Report of the Work. Group on Statistical Aspects of Trend Monitoring. ICES C.M. 1993/Poll: 48 pp.
- Wang, L.**, and W. Perrie. 1993. Coupled Wind-sea Models and Their Impact on Fluxes of Momentum, Sensible Heat and Latent Heat. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 149: viii + 131 pp.
- Werner, F.E.**, F.H. Page, D.R. Lynch, J.W. Loder, R.G. Lough, R.I. Perry, D.A. Greenberg, and M.M. Sinclair. 1993.

Influences of Mean Advection and Simple Behaviour on the Distribution of Cod and Haddock Early Life Stages on Georges Bank, p.88. Proc. 27th Annual CMOS Congress, Fredericton, N.B., June 8-11, 1993. (Abstract).

- Werner, F.E.**, F.H. Page, D.R. Lynch, J.W. Loder, R.G. Lough, R.I. Perry, D.A. Greenberg and M.M. MacKay. 1993. Influences of Mean Advection and Simple Behavior on the Distribution of Cod and Haddock Early Life Stages on Georges Bank. Fish. Oceanogr. 2(2): 43-64.
- Wright, D.G.**, T.F. Stocker, and S. Lehman. 1993. Ocean Circulation Changes During Younger Dryas: Evidence from Modelling and Data, p. 130. Proc. 27th Annual CMOS Congress, Fredericton, N.B. June 8-11, 1993. (Abstract).
- Yeats, P.A.** 1993. Input of Metals to the North Atlantic from Two Large Canadian Estuaries. Marine Chemistry 43: 201-209.
- Zitko, V.** 1993. Expanded Polystyrene as a Source of Contaminants. Mar. Poll. Bull. 26: 584-585.

## ENVIRONNEMENT CANADA

### LABORATOIRE DE RECHERCHE SUR LA QUALITÉ DE L'ENVIRONNEMENT, IOB

1992

- Bamwoya, J.J.**, L.A. Rutherford, P.A. Hennigar, W.H. Horne. 1992. Soil and Sediment Contamination at Four Wood Preservation Facilities in New Brunswick and Nova Scotia in 1989. Environment Canada, Environmental Protection Atlantic Region. Surveillance Report EPS-5-AR-92-4.
- McLeay, D.J.**, S.G. Yee, K.G. Doe, and L.M. Porebski. 1992. Development of 10-day Marine/Estuarine Amphipod Assay in Support of the Canadian Ocean Dumping Program (CEPA, Part VI). P. 222-234. In A.J. Niimi and M.C. Taylor [ed.] Proc. of the Eighteenth Annual Aquatic Toxicity Workshop: September 30 - October 3, 1991, Ottawa, Ontario. Can. Tech. Rep. Fish. Ocean Sci. 1863.
- Rutherford, L.A.**, P.A. Hennigar, K.G. Doe, M.L. Nicol, M.M.E. Holmes, B.C. MacDonald, and W.H. Horne. 1992. Chemical Characterization, Aquatic Toxicity and Environmental Impact of Untreated Effluent Discharges from Three Textile Mills in the Atlantic Region. Environment Canada, En-



Environmental Protection, Atlantic Region. Surveillance Report EPS-5-AR-93-1. P. 144.

**Sowles, J., R. Crawford, J. Machell, G. Atkinson, P. Hennigar, S. Jones, J. Patersen, and K. Coombs.** 1992. Evaluation of Gulf Watch 1991 Pilot Project of the Gulf of Maine Environmental Monitoring Plan. The Gulf of Maine Council on the Marine Environment, October 1992.

**Tay, K<sup>a</sup>-L., K.G. Doe, S.J. Wade, J.D.A. Vaughan, R.E. Berrigan and M.J. Moore.** 1992. Sediment Bioassessment in Halifax Harbour. *Env. Toxicol. Chem.* 11: 1567-1581.

### 1993

**Rutherford, L.A., W.R. Ernst, K.G. Doe, and P.A. Hennigar.** 1993. Chemical Characterization, Aquatic Toxicity and Environmental Impact of Untreated Effluent Discharges from Three Textile Mills in the Atlantic Region. P. 293-299. *In* E.G. Baddaloo, S. Ramamoorthy, and J.W. Moore [ed.] Proceedings of the Nineteenth Annual Aquatic Toxicity Workshop: October 4-7, 1992, Edmonton, Alberta. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1942.

## DIVISION DE LA CONSERVATION DE LA FAUNE MARINE (SERVICE CANADIEN DE LA FAUNE)

### 1992 and 1993

**Contreras, F., and J. Kerekes.** 1993. Total phosphorus-chlorophyll relationships in tropical coastal lagoons in Mexico. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 25:1-4.

**Kerekes, J.** 1992. The Common Loon. *Nova Scotia Conservation.* 16(2&3): 1-4.

## RESSOURCES NATURELLES CANADA

### CENTRE GÉOSCIENTIFIQUE DE L'ATLANTIQUE

#### 1992

**Aksu, A.E., A. Ulug, D.J.W. Piper, Y.T. Konuk, and S. Turgut.** 1992. Quaternary sedimentary history of Adana, Cilicia and Iskenderun Basins: northeast Mediterranean Sea. *Marine Geology* 104(1/4):55-71.

**Aksu, A.E., T.J. Calon, D.J.W. Piper, S. Turgut, and E. Izdar.** 1992. Architecture of late Orogenic Quaternary basins in northeastern Mediterranean Sea. *Tectonophysics*

210:191-213.

**Amos, C.L., A.J. Gibson, and M. Brylinsky.** 1992. Sediment settling rate analyses for a sediment stability study of the inner Miramichi Bay, New Brunswick. Geological Survey of Canada, Open File 02606, 40 p.

**Amos, C.L., and H.A. Christian.** 1992. The Miramichi dump site B seabed stability survey - November 1991. Geological Survey of Canada, Open File 02605, 74 p.

**Amos, C.L., B. Ardiles, K. Bentham, C. Davis, I. Hardy, W. Leblanc, L. Johnson, L. Lockhart, B. MacLean, Y. Michaud, R. Murphy, A. Robertson, M.H. Ruz, R. Sparkes, T. Sutherland, and J. Zevenhuizen.** 1992. C.S.S. Hudson and MV Septentrion cruises - Grande-Baleine region, Hudson Bay: a multi-disciplinary survey of the coastal and nearshore regions. Geological Survey of Canada, Open File 02603, 208 p.

**Anderson, T.W. and C.F.M. Lewis.** 1992. Evidence for ice margin retreat and proglacial lake [Agassiz?] drainage by about 11 ka, Clearwater River Spillway Area, Saskatchewan. *Current Research, Part B, Interior Plains and Arctic Canada.* Geological Survey of Canada, Paper No. 92-01B:7-11.

**Avery, M.P.** 1992b. Vitrinite reflectance [Ro] of dispersed organics from Shell PCI et al. Panuke B-90. Geological Survey of Canada, Open File 02622, 13 p.

**Avery, M.P.** 1992a. Vitrinite reflectance [Ro] of dispersed organics from Shell Demascota G-32. Geological Survey of Canada, Open File 02623, 15 p.

**Bates, J.L. and Grant, G.M.** 1992. Electronic publishing is an on-going learning experience. Poster presented at the Joint Meeting of the Canadian Cartographic Association and CartoQuÇbec, McGill University, Montreal, Quebec, June 2-6, 1992.

**Bergersen, D., Larsen, R.L. and shipboard scientific crew of ODP Leg 144** 1992. Seismic stratigraphy of Guyots drilled during ODP Leg 144: Preliminary Results. AGU, Fall Meeting, 1992.

**Bogdanov, Y., Camoin, G., Enos, P., Jansa, L.F., Lincoln, J.M. and Quinn, T.M.** 1992. Site 879, Lithostratigraphy. Preliminary Summary of Drilling Results, Ocean Drilling Program Leg 144.

**Bogdanov, Y., Camoin, G., Enos, P., Jansa, L.F., Lincoln, J.M. and Quinn, T.M.** 1992. Site 877, Lithostratigraphy. Preliminary Summary of Drilling Results, Ocean Drilling Program Leg 144.

**Bogdanov, Y., Camoin, G., Enos, P., Jansa, L.F., Lincoln, J.M. and Quinn, T.M.** 1992.

Site 874, Lithostratigraphy. Preliminary Summary of Drilling Results, Ocean Drilling Program Leg 144.

**Bogdanov, Y., Camoin, G., Enos, P., Jansa, L.F., Lincoln, J.M. and Quinn, T.M.** 1992. Site 876, Lithostratigraphy. Preliminary Summary of Drilling Results, Ocean Drilling Program Leg 144.

**Bogdanov, Y., Camoin, G., Enos, P., Jansa, L.F., Lincoln, J.M. and Quinn, T.M.** 1992. Site 800, Lithostratigraphy. Preliminary Summary of Drilling Results, Ocean Drilling Program Leg 144.

**Bogdanov, Y., Camoin, G., Enos, P., Jansa, L.F., Lincoln, J.M. and Quinn, T.M.** 1992. Site 875, Lithostratigraphy. Preliminary Summary of Drilling Results, Ocean Drilling Program Leg 144.

**Bogdanov, Y., Camoin, G., Enos, P., Jansa, L.F., Lincoln, J.M. and Quinn, T.M.** 1992. Site 872, Lithostratigraphy. Preliminary Summary of Drilling Results, Ocean Drilling Program Leg 144.

**Bogdanov, Y., Camoin, G., Enos, P., Jansa, L.F., Lincoln, J.M. and Quinn, T.M.** 1992. Site 801, Lithostratigraphy. Preliminary Summary of Drilling Results, Ocean Drilling Program Leg 144.

**Bogdanov, Y., Camoin, G., Enos, P., Jansa, L.F., Lincoln, J.M. and Quinn, T.M.** 1992. Site 873, Lithostratigraphy. Preliminary Summary of Drilling Results, Ocean Drilling Program Leg 144.

**Bogdanov, Y., Camoin, G., Enos, P., Jansa, L.F., Lincoln, J.M. and Quinn, T.M.** 1992. Site 871, Lithostratigraphy. Preliminary Summary of Drilling Results, Ocean Drilling Program Leg 144.

**Buckley, D.E.** 1992. Hudson 92-003 cruise report. Geological Survey of Canada, Open File 02602, 67 p.

**Cameron, G. and G.V. Sonnichsen.** 1992. ROV and Submersible Video Interpretation of Iceberg Scour Features and Glory Holes on the Northern Grand Banks of Newfoundland. Geological Survey of Canada, Open File 2569, 49 p.

**Christian, H.A.** 1992. Geotechnical Behaviour of Annapolis Basin Intertidal Sediments, Geological Survey of Canada, Open File 2496, 11 p.

**Christian, H. A.** 1992. Results of Geotechnical Field Investigations in Cumberland Basin During a Four-Day Period in September 1989; Data and Interpretation, Geological Survey of Canada, Open File 2497, 31 p.

**Clowes, R.M., F.A. Cook, A.G. Green, C.E.**

- Keen, J.N. Ludden, J.A. Percival, G.M. Quinlan, and G.F. West. 1992. Lithoprobe: new perspectives on crustal evolution. *Canadian Journal of Earth Sciences* 29(9):1813-1864.
- Coffin, K.C.**, Keen, C.E. and Marillier, F. 1992. Crustal cross sections of the Appalachian orogen from the North American craton to oceanic crust. Abstract, 5th International Symposium on Seismic Reflection Probing of Continents and Their Margins, Banff, Alberta.
- Coffin, K.C.**, Stephenson, R.A., Lane, L.S. and Dietrich, J.R. 1992. Crustal structure and development of the Canadian margin of the Beaufort Sea. GAC/MAC Wolfville, Nova Scotia (Poster).
- Conetec Investigations Ltd.** 1992. Guidelines for Interpretation of CPTU Test Data for Determination of Consolidation and Permeability Parameters of Soils, Geological Survey of Canada, Open File 2519, 69 p.
- Courtney, R.C.** and Piper, D.J.W. 1992. The Gravity Signature Induced by the Loading of an Old Atlantic Type Margin by a Quaternary Submarine Fan: Evidence for a Thick Mechanical Lithosphere. Geological Survey of Canada, Open File 2566, 1 sheet.
- Coyner, K.**, Katsube, T.J., Williamson, M. and Best, M.E. 1992. Gas and water permeability of tight shales from the Venture Gas field, offshore Nova Scotia. Geological Survey of Canada, Paper 92-1D, p. 129-136.
- Cranston, R.E.** 1992. Gas hydrate investigations in the Okhotsk / Japan Seas. Geological Survey of Canada, Open File 02446, 104 p.
- Cranston, R. E.** 1992. Geochemical and Sedimentological Results from Sediment Cores Collected in the Okhotsk/Japan Seas, Geological Survey of Canada, Open File 2520, 67 p.
- Dalrymple, R.W.**, E.M. Legresley, G.B.J. Fader, and B.D. Petrie. 1992. The western Grand Banks of Newfoundland: transgressive Holocene sedimentation under the combined influence of waves and currents. *Marine Geology* 105:95-118.
- Davies, E.H.** and McAlpine, K.D. 1992. Integrated multidisciplinary study of the Hibernia oil field, offshore eastern Canada. In: Program with Abstracts, Geological Survey of Canada Oil and Gas Forum, Calgary, January 20-22, 1992, p. 6.
- Davies, E.H.** and McAlpine, K.D. 1992. Integrated multidisciplinary study of the Hibernia oil field, offshore eastern Canada. In: Program with Abstracts, American Association of Petroleum Geologists Annual Convention, Calgary, June 21-24, 1992, p. 27.
- Edwardson, K.A.**, J. Shaw, B. Wile, and W. Prime. 1992. Cruise report 91-031: C.S.S. Navicula operations in northeastern Newfoundland coastal waters: Ming's Bight, White Bay, Moreton's Harbour, Bay of Exploits and Twillingate Harbour. Geological Survey of Canada, Open File 02492, 54 p.
- Emory-More, M.** and L. Davis. 1992. Detrital Gold Occurrences, Northern Newfoundland Shelf, Geological Survey of Canada, Open File 2591, 94 p.
- Enachescu, M.E.** and McAlpine, K.D. 1992. Three-dimensional seismic imaging of a Kimmeridgian paleo-drainage system in the south Jeanne d'Arc Basin, Grand Banks of Newfoundland. In: Program with Abstracts, Geological Association of Canada/Mineralogical Association of Canada Joint Annual Meeting, Wolfville, May 25-27, 1992, v. 17, p. A117.
- Erik Banke Consulting.** 1992. Listing of Possible Groundings by Icebergs on the Grand Banks of Newfoundland Between 1983 and 1989, Geological Survey of Canada, Open File 2530, 79 p.
- Erik Banke Consulting.** 1992. Recent Iceberg Groundings and Scours on the Grand Banks of Newfoundland, Geological Survey of Canada, Open File 2528, 218 p.
- Erik Banke Consulting.** 1992. Case Histories of the Groundings of Icebergs 001 and 004 During March, 1989 on the Grand Banks of Newfoundland, Geological Survey of Canada, Open File 2527, 69 p.
- Erik Banke Consulting.** 1992. Compilation of Historical Accounts of Iceberg Groundings on the Canada Continental Shelf, Geological Survey of Canada, Open File 2529, 79 p.
- Fensome, R.A.** and Williams, G.L. 1992. Neogene dinoflagellates and Scotian Shelf stratigraphy. Abstracts, Geological Survey of Canada, Oil and Gas Forum, Calgary, March 1992.
- Fensome, R.A.** and Williams, G.L. 1992. Neogene dinoflagellates and Scotian Shelf stratigraphy. Poster Session, Canadian Paleontology Conference 11, Ottawa, September 1991.
- Fensome, R.A.** and Williams, G.L. 1992. Neogene dinoflagellates and Scotian Shelf stratigraphy. Geological Survey of Canada, Oil and Gas Forum, Calgary, February 1992.
- Fensome, R.A.** and Williams, G.L. 1992. Neogene dinoflagellates and Scotian Shelf stratigraphy. Canadian Paleontology Conference, Program with Abstracts, no. 2, Ottawa, September 1992, p. 13.
- Fowler, M.G.**, McAlpine, K.D. and Williamson, M.A. 1992. Generation and migration of oils in the Jeanne d'Arc Basin, offshore eastern Canada. In: Program with Abstracts, Geological Survey of Canada Oil and Gas Forum, Calgary, January 20-22, 1992, p. 5.
- Fowler, M.G.**, McAlpine, K.D. and Williamson, M.A. 1992. Generation and migration of oils in the Jeanne d'Arc Basin, offshore eastern Canada. In: Program with Abstracts, American Association of Petroleum Geologists Annual Convention, Calgary, June 21-24, 1992, p. 42.
- Fowler, M.G.**, McAlpine, K.D. and Williamson, M.A. 1992. Generation and Migration of hydrocarbons in the Jeanne d'Arc basin. AAPG Convention, Calgary 1992.
- Fowler, M.G.**, McAlpine, K.D. and Williamson, M.A. 1992. Generation and migration of hydrocarbons in the Jeanne d'Arc basin. Calgary Oil and Gas Forum, March 1992 and AAPG Convention, Calgary, June 1992.
- Gee, J.S.**, Nakanishi, M. and scientific party of ODP Leg 144 1992. Paleomagnetic studies of the Northwestern Pacific Guyots. *Geomagnetism, Earth and Planetary Sciences Society, Japan.*
- Global Geoenergy Research Ltd.** 1993. Analyses and Interpretation of Geochemical and Source Rocks Data from Scotian Shelf Wells. Geological Survey of Canada, Open File 2804, 232 p.
- Gradstein, F.M.** and Von Rad, U. 1992. Stratigraphic evolution of Mesozoic continental margin and oceanic sequences, NW Australia and N. Himalayas. *Marine Geology.*
- Gradstein, F.M.**, U. Von Rad, M.R. Gibling, L.F. Jansa, M.A. Kaminski, I.L. Kristiansen, J.G. Ogg, U. Rohl, M. Sarti, J.W. Thurow, G.E.G. Westerman, and J. Wiedman (Analytic authors). 1992. Stratigraphy and depositional history of the Mesozoic continental margin of central Nepal, 141 p.
- Grant, A.C.** and P.N. Moir. 1992. Observations on coalbed methane potential, Prince Edward Island. Current Research, Part E. Geological Survey of Canada, Paper No. 92-01E:269-278.
- Grant, A.C.** 1992. Seismic character of coal measures in the Gulf of St. Lawrence region. In: Program and Abstracts, Geological Survey of Canada Oil and Gas Forum, Calgary, March 2-3, 1992, p. 35.

- Grant, A.C.** 1992. Intracratonic tectonism: key to the mechanism of diastrophism. In: S. Chatterjee and N. Hotton (eds.), *New Concepts in Global Tectonics*. Texas Tech University Press, p. 65-73.
- Grant, A.C.** 1992. Aspects of seismic character of Permo-Carboniferous sediments, Maritimes Basin and Sydney Basin. In: *Programs with Abstracts, GAC/MAC Joint Annual Meeting*, Wolfville, p. A42.
- Grant, A.C.** 1992. Seismic character of coal measures in the Gulf of St. Lawrence region. In: *Program with Abstracts, Geological Survey of Canada Current Activities Forum*, Ottawa, January 21-22, 1992, p. 12.
- Grant, A.C.** and Moir, P.N. 1992. Observations on coalbed methane potential, Prince Edward Island. *Geological Survey of Canada, Current Research, Paper 92-1E*, p. 269-278.
- Grant, A.C.** 1992. Seismic character of coal measures in the Gulf of St. Lawrence region. In: *Proceedings, The Canadian Coal and Coalbed Methane Geoscience Forum*, Parksville, February 2-5, 1992, p. 33.
- Hein, F.J.** and J.P.M. Syvitski. 1992. Sedimentary environments and facies in an arctic basin, Itirbilung Fiord, Baffin Island, Canada. *Sedimentary Geology* 81: 17-45.
- Hillaire-Marcel, C.** and A. Rochon. 1992. Cruise report and on-board studies, C.S.S. Hudson 90-13, May 29 June 22, 1990, Leg 1: the Labrador Sea. *Geological Survey of Canada, Open File 02531*, 126 p.
- Huang, Z.** and Williamson, M.A. 1992. Estimation of in-situ thermal conductivity in the Jeanne d'Arc basin. *AAPG Convention, Calgary 1992*.
- Huang, Z.** and Williamson, M.A. 1992. Thermal structure of the Jeanne d'Arc basin. *Calgary Oil and Gas Forum, March 1992 and AAPG Convention, Calgary, June 1992*.
- Jansa, L.F.** 1993. Cometary impacts into ocean, their recognition and the threshold for biological extinctions. *Palaeo3*, v. 104, p. 271-286.
- Jansa, L.F.**, Loncarevic, B.D. and Pe-Piper, G. 1992. Cretaceous diabase dykes in the Proterozoic basement offshore Cape Breton, Nova Scotia and the offshore extension of the Meguma Group. *GAC/MAC Annual Meeting, Wolfville 1992, Abstract*.
- Jackson, H.R.**, B.D. Loncarevic, and W. Blake Jr. 1992. Shallow seismic and magnetic data from northernmost Baffin Bay: Insights into geology. *Current Research, Part B, Interior Plains and Arctic Canada. Geological Survey of Canada, Paper No. 92-01B*: 23-29.
- Jansa, L.F.**, Pe-Piper, G. and Loncarevic, B.D. 1992. Cretaceous diabase dykes in the basement offshore Cape Breton, Nova Scotia and the offshore extension of the Meguma Group. *Atlantic Geoscience Society Annual Meeting, Fredericton, January 1992*.
- Jenner, K.A.** and J. Shaw. 1992. Inner shelf Quaternary sediments off northeast Newfoundland. *Current Research, Part D, Eastern Canada and National and General Programs. Geological Survey of Canada, Paper No. 92-01D*: 189-198.
- Johnston, B.L.**, K.W. Asprey, J.P.M. Syvitski, C.T. Schafer, M. Uyesugi, C.B. Chapman, S. Merchant, W.A. Boyce, R.J. Murphy, K.W. Leblanc, S. Hinds, P. Hamblin, and J. Locat. 1992. Hudson 91-033 cruise report. *Geological Survey of Canada, Open File 02468*, 109 p.
- Josehans, H.W.**, K. Conway, M. Packard, W. Hill, G. Standen, and T. Vandall. 1992. Cruise report, Endeavour cruise, 92-004, Queen Charlotte Sound. *Geological Survey of Canada, Open File 02584*, 130 p.
- Katsube, T.J.**, Williamson, M.A., Murphy, T.B. and Best, M.E. 1992. Relationship between pore structure and diagenetic processes of tight shales from the Scotian Shelf. *AAPG Convention, Calgary, June 1992*.
- Katsube, T.J.**, Williamson, M.A. and Best, M.E. 1992. Shale pore structure evolution and its effect on permeability. In: *Symposium Volume III of the 33rd Annual Meeting of the Society of Professional Well log analysts. Paper SCA-9214*, p. 1-22.
- Katsube, T.J.**, Williamson, M.A., Issler, D.R. and Best, M.E. 1992. Petrophysical properties of shales and significance for sedimentary basin modelling. *AAPG Convention, Calgary 1992*.
- Katsube, T.J.**, Williamson, M.A., Issler, D.R. and Best, M.E. 1992. Petrophysical properties of shales and significance for sedimentary basin modelling. *Calgary Oil and Gas Forum, March 1992*.
- Katsube, T.J.**, Scromeda, N. and Williamson, M.A. 1992. Effective porosity and irreducible water saturation of tight shales from the Venture Gas field. *Geological Survey of Canada, Paper 92-1D*, p. 111-119.
- Katsube, T.J.**, Issler, D.R., Williamson, M.A. and Best, M.E. 1992. Evolution of shale petrophysical properties with compaction in the overpressured zone of the Beaufort-Mackenzie basin. *AAPG Convention, Calgary, June 1992*.
- Katsube, T.J.**, N. Scromeda, and M. Williamson. 1992. Effective porosity of tight shales from the Venture gas field, offshore Nova Scotia. *Current Research, Part D, Eastern Canada and National and General Programs. Geological Survey of Canada, Paper No. 92-01D*: 111-119.
- Lake, P.** 1992. Wellsys: A Database on Wells of Offshore Eastern Canada, *Geological Survey of Canada, Open File 2501*, 118 p.
- Lewis, C.F.M.**, A.G. Sherin, A.S. Atkinson, R.H. Harmes, F.D. Jodrey, J.A. Nielsen, D.R. Parrott, B.J. Todd. 1993. Cruise Report C.C.G.S. Griffon - Western Lake Ontario. August 7 to September 9, 1992. *Cruise Number 92-800*. *Geological Survey of Canada, Open File 2678*, 76 p., 4 maps, 1 diskette.
- Loncarevic, B.D.** and D.J.W. Piper. 1992. Application of high-quality bathymetry to geological interpretation on the Scotian Shelf. *Geoscience Canada* 19(1): 5-13.
- MacLean, B.C.** and J.A. Wade. 1992. Petroleum geology of the continental margin south of the islands of St. Pierre and Miquelon, offshore eastern Canada. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology* 40(3): 222-253.
- MacLean, B.C.** and Wade, J.A. 1992. Petroleum geology of the St. Pierre and Miquelon moratorium block, eastern margin of Canada. In: *Abstracts of Geological Association of Canada/Mineralogical Association of Canada Annual Meeting, v. 17*, Wolfville.
- MacLean, B. C.** 1992. Scotian Shelf Mesozoic Mapping Project, *Geological Survey of Canada, Open File 2506*, 5 p., 4 diskettes.
- MacLean, B.C.** and Wade, J.A. 1992. A first look at the petroleum geology of the Canada-France boundary dispute region south of St. Pierre and Miquelon. In: *Abstracts of GSC Oil and Gas Forum, Calgary*. Also in: *Abstracts of American Association of Petroleum Geologists/Canadian Society of Petroleum Geologists Annual Meeting, Calgary*.
- McAlpine, K.D.**, Coflin, K.C., Keen, C.E. and Verhoef, J. 1992. An integrated geological and geophysical synthesis of deep crustal structure and the evolution of rift basins in the Grand Banks of Newfoundland. *AAPG Annual Convention Calgary, Alberta (Poster)*.
- Macnab, R.**, J. Verhoef, and S. Srivastava. 1992. A new database of magnetic observations from the Arctic and North Atlantic Oceans. *Current Research, Part D, Eastern*

- Canada and National and General Programs. Geological Survey of Canada, Paper No. 92-01D: 173-178.
- Michel, H.K., K.E. Loudon, F. Marillier, and I. Reid.** 1992. The seismic velocity structure of northern Appalachian crust around western Newfoundland. *Canadian Journal of Earth Sciences* 29(3): 462-478.
- Milliman, J.D. and J.P.M. Syvitski.** 1992. Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: the importance of small mountainous rivers. *Journal of Geology* 100(5): 525-544.
- Moir, P.N. and Grant, G.M.** 1992. The development of marine geoscience atlas products at the Atlantic Geoscience Centre. Poster presentation at Current Activities Forum, Geological Survey of Canada, Ottawa, January 21-22, 1992.
- Mosher, D.C. and G. Sonnichsen.** 1992. Stratigraphy and sedimentology of sediments on the northeastern Grand Banks of Newfoundland from borehole investigation. Geological Survey of Canada, Open File 02409, 110 p.
- Murphy, J.B., G. Pe-Piper, J.D. Keppie, and D.J.W. Piper.** 1992. Correlation of Neoproterozoic III sequences in the Avalon composite terrane of mainland Nova Scotia: tectonic implications. *Atlantic Geology* 28: 143-151.
- Nelson, J.B., D.A. Forsyth, D. Teskey, A.V. Okulitch, D.L. Marcotte, C.D. Hardwick, M.E. Bower, and R. MacNab.** 1992. The 1991 Polar Margin aeromagnetic survey in the Lincoln Sea, northern Ellesmere Island and northern Greenland. Current Research, Part B, Interior Plains and Arctic Canada. Geological Survey of Canada, Paper No. 92-01B: 31-36.
- Pe-piper, G. and D.J.W. Piper.** 1992. Geochemical variations with time in the Cenozoic high-K volcanic rocks of the Island of Lesbos, Greece: significance for Shoshonite petrogenesis. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 53(1/4): 371-387.
- Perissoratis, C. and D.J.W. Piper.** 1992. Age, regional variation, and shallowest occurrence of S1 Sapropel in the Northern Aegean Sea. *Geo-marine Letters* 12: 49-53.
- Piper, D.J.W., P. Cochonat, G. Ollier, E. Le Dren, M. Morrison, and A. Baltzer.** 1992. Évolution progressive d'un glissement rotationnel en un courant de turbidité : cas du séisme de 1929 des Grands Bancs [Terre - Neuve] (non-catastrophic evolution of a turbidity current from a slump: evidence from the 1929 "Grand Banks" earthquake). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Serie II, Mécanique, Physique, Chimie, Sciences de l'Univers, Sciences de la Terre* 314: 1057-1064.
- Piper, D.J.W. and C.P.G. Pereira.** 1992. Late Quaternary sedimentation in central Flemish Pass. *Canadian Journal of Earth Sciences* 29(3): 535-550.
- Piper, D.J.W. and A.E. Aksu.** 1992. Architecture of stacked Quaternary deltas correlated with global oxygen isotopic curve. *Geology* 20(5): 415-418.
- Piper, D.J.W. and Sparkes, R.** 1992. Pliocene-Quaternary Sediment Isopachs in Central Flemish Pass, Geological Survey of Canada, Open File 2553, 5 p., 6 maps.
- Potter, P., Courtney, R.C. and McCloskey, T.** 1992. Digital Data Compilation: Scotian Shelf and Labrador Sea Basin Atlas Series, Geological Survey of Canada, Open File 2493, 85 p.
- Praeg, D., B. D'Anglejan, and J.P.M. Syvitski.** 1992. Seismostratigraphy of the middle St. Lawrence Estuary: a late Quaternary glacial marine to Estuarine depositional/erosional record. *Geographie Physique et Quaternaire* 46(2): 133-150.
- Quinlan, G.M., J. Hall, H. Williams, and J.A. Wright.** 1992. Lithoprobe onshore seismic reflection transects across the Newfoundland Appalachians. *Canadian Journal of Earth Sciences (S.P. Colman-Sadd, S.J. O'Brien, G.S. Stockmal, and F. Marillier [ed.])* 29(9): 1865-1877.
- Shaw, J.** 1992. Surficial Sediments of Baie Verte, Newfoundland, Geological Survey of Canada, Open File 2457, 39 p., 5 maps.
- Shaw, J. and D.L. Forbes.** 1992. Barriers, barrier platforms, and spillover deposits in St. George's Bay, Newfoundland: paraglacial sedimentation on the flanks of a deep coastal basin. *Marine Geology* 105: 119-140.
- Shaw, J., H. Russell, A. Sherin, and T. Atkinson.** 1992. Cruise report 91-026: C.S.S. Dawson operations in Newfoundland coastal waters: La Poile Bay to Bay D'espoir, Notre Dame Bay, and Bay of Exploits. Geological Survey of Canada, Open File 02482, 55 p.
- Shaw, J. and D. Frobé.** 1992. Aerial video survey of the south coast of Newfoundland, Port aux Basques to Terrenceville. Geological Survey of Canada, Open File 02565, 56 p.
- Sinclair, I.K., K.D. McAlpine, D.F. Sherwin, N.J. McMillan, G.C. Taylor, M.E. Best, G.R. Campbell, J.P. Hea, D. Henao, and R.M. Procter.** 1992. Petroleum resources of the Jeanne d'arc Basin and environs, Grand Banks, Newfoundland. Geological Survey of Canada, Paper No. 92-08, 100 p.
- Solomon, S.M., D.L. Forbes, and P.J. Mudie.** 1992. Report of the 1991 NOGAP coastal surveys in the Beaufort Sea. Geological Survey of Canada, Open File 02579, 114 p.
- Stea, R.R., D.L. Forbes, and R.J. Mott.** 1992. Quaternary geology and coastal evolution of Nova Scotia. Geological Association of Canada, Field Trip Guidebook, No. A6, 131 p.
- Stea, R.R., G.B.J. Fader, and R. Boyd.** 1992. Quaternary seismic stratigraphy of the inner shelf region, Eastern Shore, Nova Scotia. Current Research, Part D, Eastern Canada and National and General Programs. Geological Survey of Canada, Paper No. 92-01D: 179-188.
- Stoffyn-Egli, P., G.V. Sonnichsen, and A. Zawadski.** 1992. Clay-size minerals and near-surface stratigraphy on the northeastern Grand Banks of Newfoundland. Current Research, Part E. Geological Survey of Canada, Paper No. 92-01E: 323-331.
- Syvitski, J.P.M.** 1992. Marine geology of Baie des Chaleurs. *Geographie Physique et Quaternaire* 46(3): 331-348.
- Syvitski, J.P.M. and A.G. Lewis.** 1992. The seasonal distribution of suspended particles and their iron and manganese loading in a glacial runoff fiord. *Geoscience Canada* 19(1): 13-20.
- Syvitski, J.P.M. and S. Daughney.** 1992. Delta2: Delta progradation and basin filling. *Computers and Geosciences* 18(7): 839-897.
- Syvitski, J.P., S.J. Hinds, and H. Josenhans.** 1992. Quaternary marine geology of the N.W. Gulf of St. Lawrence. Geological Survey of Canada, Open File 02485.
- Taylor, R. B.** 1992. Coastal Stability and Flooding at Grand Etang, Fortress of Louisbourg, Nova Scotia. Geological Survey of Canada, Open File 2548, 25 p.
- Taylor, R.B. and D. Frobé.** 1992. Aerial video surveys, the coastline of Prince Edward Island. Geological Survey of Canada, Open File 02580, 16 p.
- Wade, J.A. and MacLean, B.C.** 1992. Petroleum resource estimates of St. Pierre Bank and adjacent areas of Atlantic Canada. In: Abstracts of Geological Association of Canada/Mineralogical Association of Canada Annual Meeting, v. 17, Wolfville.
- White, D.J., B. Milkereit, M.H. Salisbury, and J.A. Percival.** 1992. Crystalline lithology across the Kapuskasing uplift determined using in situ Poisson's ratio from seismic topography. *Journal of Geophysical Research* 97(B13): 19993-20006.

- Williamson, M.A., Huang, Z., McAlpine, K.D., Thomas, F.C., Fensome, R.A., Katsube, T.J. and Avery, M.P.** 1993. Hydrocarbon charge history of east coast offshore basins: modelling geologic uncertainty. In: Current Research, Part E, Geological Survey of Canada, Paper 93-1E, p. 299-306.
- Williamson, M.A. and McAlpine, K.D.** 1992. Hydrocarbon charge histories of Canada's east coast basins: a research strategy. In: Program with Abstracts, Geological Association of Canada/ Mineralogical Association of Canada Joint Annual Meeting, Wolfville, May 25-27, 1992, v. 17, p. A117.
- Williamson, M.A. and McAlpine, K.D.** 1992. Understanding oil and gas distribution in offshore sedimentary basins: a research strategy for the 1990's. In: Bedford Institute of Oceanography Science Review 1990 and 1991, p. 111-118.
- Williamson, M.A. and Desroches, K.** 1992. Source rock maturity modelling, Sable and Jeanne d'Arc Basins offshore eastern Canada. Calgary Oil and Gas Forum, March 1992 and AAPG Convention, Calgary, June 1992.
- Williamson, M.A. and Smyth, C.** 1992. Timing of gas and overpressure generation in the Sable subbasin offshore Nova Scotia. AAPG Convention, Calgary, June 1992 (poster).
- Williamson, M.A. and McAlpine, K.D.** 1993. Understanding oil and gas distribution in offshore sedimentary basins: a research strategy for the 1990's. BIO Annual Review.
- Williamson, M.A. and McAlpine, K.D.** 1992. Hydrocarbon habitat studies of east coast frontier basins: past, present and future. In: Program with Abstracts, Geological Survey of Canada Oil and Gas Forum, Calgary, January 20-22, 1992, p. 2.
- Williamson, M.A. and Smyth, C.** 1992. Basin offshore Nova Scotia: implications for gas migration dynamics. Bulletin Canadian Petroleum Geology, v. 40, no. 2, p. 151-159.
- Williamson, M.A. and C. Smyth.** 1992. Timing of gas and overpressure generation in the Sable Basin offshore Nova Scotia: implications for gas migration dynamics. Bulletin of Canadian Petroleum Geology 40(2): 151-169.
- Williamson, M.A., Coffin, K.C., McAlpine, K.D., Huang, Z., White, J. and Fowler, M.G.** 1993. Heavy oil occurrence in the Jeanne d'Arc Basin: general data compilation. Proprietary report prepared for participants in the Heavy Oil IPP Project.
- Williamson, M.A.** 1992. The subsidence, compaction, thermal and maturation history of the Egret Member source rock, Jeanne d'Arc Basin, offshore Newfoundland. Bulletin of Canadian Petroleum Geology 40(2): 136-150.
- Williamson, M.A.** 1992. Subsidence, compaction thermal and maturation history of the Egret Member source rock, Jeanne d'Arc Basin, offshore Newfoundland. Bulletin Canadian Petroleum Geology, v. 50, no. 4, p. 136-150.
- Williamson, M.A.** 1992. Hydrocarbon resource studies of east coast frontier basins: past, present and future. Ottawa Forum, January 1992, Calgary Oil and Gas Forum, March 1992 and AAPG Convention, Calgary 1992.
- Winters, G.V. and J.P.M. Syvitski.** 1992. Suspended sediment character and distribution in Mcbeth Fiord, Baffin Island. Arctic 45(1): 25-35.
- Avery, M.P.** 1992. Vitrinite Reflectance (Ro) of Dispersed Organics from Conventional Cores from Seven Scotian Shelf Wells, Geological Survey of Canada, Open File 2455, 13 p.
- Winters, G.V. and D.E. Buckley.** 1992. Factor analyses as a method of evaluating sediment environmental quality in Halifax Harbour, Nova Scotia. Current Research, Part D, Eastern Canada and National and General Programs. Geological Survey of Canada, Paper No. 92-01D: 165-171.
- 1993**
- Amos, C.L., K.L. Tay, M. Hughes, A. Robertson, and B. Wile.** 1993. Seabed stability monitoring at dump site B of Saint John Harbour, New Brunswick, using Sea Carousel. Geological Survey of Canada, Open File 02764, 40 p.
- Amos, C.L., J.T. Judge, and J.V. Barrie.** 1993. Storm-enhanced tidal sand transport - Hecate Strait, British Columbia, Canada. Geological Survey of Canada, Open File 02604, 1 map sheet, scale 1:1 000 000.
- Amos, C.L., T. Sutherland, and J. Zevenhuizen.** 1993. Sea Carousel measurements of seabed stability in Manitounuk Sound, Grande Baleine, Hudson Bay. Geological Survey of Canada, Open File 02765, 155 p.
- Ascoli, P. and Grigelis, A.** 1993. Middle Jurassic-Lower Cretaceous foraminiferal zonation of eastern Canada and eastern Europe (in Russian). Journal Russian Academy of Sciences, section "Stratigraphy and Geological Correlation", v. 1, no.4, p. 47-55.
- Atlantic Coastal Zone Information Steering Committee.** 1993. Atlantic Coastal Zone Database Directory. Geological Survey of Canada, Open File 2614, 912 p.
- Austin, J.A., Sibuet, J.-C., Srivastava, S.P., Coffin, K.C. and Tucholke, B.E.** 1993. Understanding the ocean-continent transition along conjugate passive continental margins: deep drilling in the northern Newfoundland Basin. 1993 AGU Fall Meeting, Baltimore, Maryland (Abstract).
- Avery, M.P.** 1993a. Vitrinite reflectance (Ro) of dispersed organics from Mobil et al Bluenose 2G-47. Geological Survey of Canada, Open File 02707, 19 p.
- Avery, M.P.** 1993c. Vitrinite reflectance (Ro) of dispersed organics from Shell PC1 et al South Debarres O-76. Geological Survey of Canada, Open File 02706, 17 p.
- Avery, M.P.** 1993b. Vitrinite reflectance (Ro) of dispersed organics from Mobil et al. Hebron I-13. Geological Survey of Canada, Open File 02671, 16 p.
- Bates, J.L.** 1993. Digital on-demand publishing. Poster presented at the 16th International Cartographic Conference, Cologne, Germany, May 1993.
- Batson, P.A., MacDonald, J., Wade, J.A. and Williams, G.L.** 1993. Offshore Oil and Natural Gas: video guide. Atlantic Geoscience Society, Special Publication No. 12, 89 p.
- Berry, J.A. and D.J.W. Piper.** 1993. Seismic stratigraphy of the central Scotian Rise: a record of continental margin glaciation. Geomarine Letters 13: 197-206.
- Buckley, D.E., G.V. Winters, R.A. Fitzgerald, S. Penney, and K.W.G. Leblanc.** 1993. Inorganic geochemical data for marine sediments from Hudson Bay and James Bay: delta of Grande Baleine River, Manitounuk Sound, and delta of La Grande River. Geological Survey of Canada, Open File 02720, 126 p.
- Coffin, K.C.** 1993. Flying Foam Structure, Jeanne d'Arc Basin, Grand Banks of Newfoundland. 1993 Annual Meeting of the Geological Society of America, Boston, Massachusetts (Poster and Abstract).
- Coffin, K.C. and McAlpine, K.D.** 1993. National Seismic Digital Library: Husky Frontier Geophysical Data Library. AGS Annual Meeting, Halifax, Nova Scotia.
- Coffin, K.C., McAlpine, K.D., Enachescu, M.E. and Hogg, J.R.** 1993. National Seismic Digital Library: Husky Frontier Geophysical Data Library. GSC Forum, Ottawa Ontario.
- Coffin, K.C., Keen, C.E. and Marillier, F.**

1993. Crustal cross section of the Appalachian orogen from the North American craton to oceanic crust. Tectonophysics. Submitted.
- Coffin, K.C., McAlpine, K.D., Enachescu, M.E. and Hogg, J.R.** 1993. National Seismic Digital Library. In: Program with Abstracts, Geological Survey of Canada Current Activities Forum, Ottawa, January 19-20, 1993, p. 34.
- Coffin, K.C. and McAlpine, K.D.** 1993. National seismic digital library: Husky geophysical data library. In: Program with Abstracts, Atlantic Geoscience Society Annual Colloquium and Symposia, Halifax, February 12-13, 1993, p. 1.
- Courtney, R.** 1993. Halifax Harbour bathymetric morphology. Geological Survey of Canada, Open File 02637, 1 map sheet, scale 1:16 000.
- Courtney, R.C. (compiler).** 1993. Inner Scotian Shelf off Halifax (11D), Nova Scotia: EM100 Swath Bathymetry. Geological Survey of Canada, Open File 2803, 1 sheet.
- Courtney, R., G. Sonnichsen, and R. Parrott.** 1993. Hibernia swath bathymetry. Geological Survey of Canada, Open File 02712, 1 map sheet, scale 1:10 000.
- Damassa, S.P. and Williams, G.L.** 1993. Provincialism and current events: North Atlantic Eocene-Oligocene dinoflagellates. Geological Society of America, Abstracts with Program, p. A386.
- Dehler, S.A. and C.E. Keen.** 1993. Effects of rifting and subsidence on thermal evolution of sediments in Canada's east coast basins. *Canadian Journal of Earth Sciences* 30(9): 1782-1798.
- Edwardson, K.A., D.L. Forbes, J. Shaw, L. Johnston, D. Froebel, and D. Locke.** 1993. Cruise report 92-301: nearshore and beach surveys along the northeast Newfoundland coast: Dog Bay, Gander Bay, Green Bay and Baie Verte. Geological Survey of Canada, Open File 02619, 66 p.
- Edwardson, K.A., D.L. Forbes, and J. Shaw.** 1993. Gold assay results: northeast Newfoundland coastal and inner-shelf seabed samples. Geological Survey of Canada, Open File 02772, 35 p.
- Fader, G.B.J., R.O. Miller, R.R. Stea, and S.S. Pecore.** 1993. Cruise report, C.S.S. Dawson 91-018, inner Scotian Shelf, June 4-21, 1991. Geological Survey of Canada, Open File 02633, 30 p.
- Fensome, R.A., MacRae, A. and Williams, G.L.** 1993. Dinoflagellate diversities, extinctions, sea-level curves and other such things. G.S.C. Forum, Abstracts, Ottawa, January 1993.
- Fensome, R.A., MacRae, A. and Williams, G.L.** 1993. Dinoflagellate diversities, extinctions, sea-level curves and other such things. Poster Session, Geological Survey of Canada, Forum, 18-20 January 1993.
- Fensome, R.A., Henry, A.S., MacRae, R.A. and Williams, G.L.** 1993. Dinoflagellates: a new look at old bugs. Poster Session, Atlantic Geoscience Society, Annual Meeting and Colloquium, Halifax, Nova Scotia.
- Fensome, R.A., Gocht, H., Stover, L.E. and Williams, G.L.** 1993. The Eisenack Catalog of Fossil Dinoflagellates. *New Series*, v. 2, 550 p.
- Fensome, R.A., MacRae, A. and Williams, G.L.** 1993. Dinoflagellate diversities, extinctions and sea-level curves. Fifth International Conference on Modern and Fossil Dinoflagellates, Program and Abstracts, p. 40.
- Fensome, R.A., Taylor, F.J.R., Norris, G., Sarjeant, W.A.S., Wharton, D.I. and Williams, G.L.** 1993. A classification of living and fossil dinoflagellates. Fifth International Conference on Modern and Fossil Dinoflagellates, Program and Abstracts, p. 39.
- Fensome, R.A., Taylor, F.J.R., Norris, G., Sarjeant, W.A.S., Wharton, D.I. and Williams, G.L.** 1993. A classification of fossil and living dinoflagellates. *Micropaleontology Press Special Paper*, no. 7.
- Fensome, R.A., Taylor, F.J.R. and Williams, G.L.** 1993. Dinoflagellate phylogeny and its basis in systematics: an evolving science. Fifth International Conference on Modern and Fossil Dinoflagellates, Program and Abstracts, p. 38.
- Forbes, D.L., J. Shaw, and B.G. Eddy.** 1993. Late Quaternary sedimentation and the postglacial sea-level minimum in Port au Port Bay and vicinity, west Newfoundland. *Atlantic Geology* 29(1): 1-26.
- Global Geoenergy Research Ltd.** 1993. Analyses and Interpretation of Geochemical and Source Rocks Data from Scotian Shelf Wells. Geological Survey of Canada, Open File 2804, 232 p.
- Grant, A.C.** 1993. Evaluation of coalbed methane "resource", Gulf of St. Lawrence region. Program with Abstracts, GSC Forum 1993, Ottawa, p. 7.
- Grant, A.C. and Sanford, B.V.** 1993. Hudson Platform: crustal geophysics. Chapter 8. In: *Sedimentary Cover of the Craton in Canada*, D.F. Scott and J.D. Aitken (eds.). Geological Survey of Canada, Geology of Canada, no. 5, p. 655-658.
- Grant, A.C.** 1993. Book review, "Interior Cratonic Basins", M.W. Leighton et al. (eds.). *American Association of Petroleum Geologists, Memoir* 51, 819 p. In: *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, v. 41, p. 473-474.
- Grant, A.C.** 1993. Hudson Bay: Industry Seismic Reflection Data. In: *Proceedings of the Hudson Bay Lithosphere Study Workshop*, Ottawa, November 3-4, 1993, p. 13.
- Hardy, I.A. and J. Zevenhuizen.** 1993. Seabed surficial sediment sampling in the Grande Rivière de la Baleine region, south-eastern Hudson Bay. Geological Survey of Canada, Open File 02729, 362 p.
- Hein, F.J., J.P.M. Syvitski, L.A. Dredge, and B.F. Long.** 1993. Quaternary sedimentation and marine placers along the north shore, Gulf of St. Lawrence. *Canadian Journal of Earth Sciences* 30(3): 553-574.
- Huang, Z., P.J. Mudie, and A.E. Aksu.** 1993. Evaluation of paleoclimatic proxies by the rescaled range method: results from Labrador Sea, ODP Site 646. *Canadian Journal of Earth Sciences* 30(7): 1385-1389.
- Jansa, L.F., Pe-Piper, G. and Loncarevic, B.D.** 1993. Appalachian basement and its intrusion by Cretaceous dykes, offshore southeast Nova Scotia, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 30, p.
- Jansa, L.F.** 1993. Cometary impacts into ocean, their recognition and the threshold for biological extinctions. *Palaeo3*, v. 104, p. 271-286.
- Jansa, L.F.** 1993. Sea levels, land levels and tide gauges, by K.O. Omery and D.C. Aubrey. Book Review, Elsevier.
- Jansa, L.F.** 1993. Break-up of Pangea: the North Atlantic perspective. Program and Abstracts, Annual Convention of the Canadian Society of Petroleum Geologists, August 15-19, 1993, Calgary, p. 151.
- Jansa, L.F.** 1993. Paleogeography and stratigraphic record of global change in the Mesozoic. Program with Abstracts, SEPM Meeting, Pennsylvania State University, August 8-12, 1993, State College, p. 65.
- Jansa, L.F.** 1993. Early Cretaceous carbonate platforms of the northeastern American margin with comments on processes leading to their demise and drowning. *American Association of Stratigraphic Palynologists, Special Publication*, p. 111-126.
- Jansa, L.F.** 1993b. Cometary impacts into ocean: their recognition and the threshold constraint for biological extinctions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology,*

- Palaeoecology 104: 271-286.
- Jansa, L.F., G. Pe-Piper, and Z. Palacz.** 1993. Geochemistry and regional significance of the early Cretaceous basalt-felsic igneous rock associations on the Grand Banks, eastern Canada. Geological Survey of Canada, Open File 02704, 1 map sheet, scale 1:4 000 000.
- Jansa, L.F.** 1993a. Early Cretaceous carbonate platforms of the northeastern North American margin. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 56: 111-126.
- Jansa, L.F., G. Pe-Piper, and B.D. Loncarevic.** 1993. Appalachian basement and its intrusion by Cretaceous dykes, offshore southeast Nova Scotia, Canada. Canadian Journal of Earth Sciences 30(12): 2495-2509.
- Josenhans, H. and J. Zevenhuizen.** 1993. Quaternary sediment maps of the Gulf of St. Lawrence. Geological Survey of Canada, Open File 02700, 463 p. and map sheets, scales 1:1 000 and 1:1 000 000.
- Katsube, T.J. and Williamson, M.A.** 1993. Shale petrophysics and basin charge modeling. Geological Survey of Canada, Paper 94-D, p. 179-188.
- Lentin, J.K. and Williams, G.L.** 1993. Fossil dinoflagellates: index to genera and species 1993 edition. American Association of Stratigraphic Palynologists, Contributions Series, no. 28, 856 p.
- Li, M.Z. and C.L. Amos.** 1993. Sedtrans 92: Re-evaluation and Upgrade of the A.G.C. Sediment Transport Model. Geological Survey of Canada, Open File 2769, 135 p.
- Loncarevic, B.D.** and the Shipboard Scientific Party. 1993. Cruise Report: CSS Matthew; Cruise 93054: Matthew Motion Sensor Trials (MMST-93). Geological Survey of Canada, Open File 2730, 88 p.
- MacLean, B.C. and Wade, J.A.** 1993. East coast basin atlas series: seismic markers and stratigraphic picks in Scotian Basin wells. Atlantic Geoscience Centre, Geological Survey of Canada, 276 p.
- MacLean, B., B.D. Loncarevic, I. Hardy, R.G.B. Brown, R.A. Daigneault, M. Day, M.W. Kerwin, W.F. Manley.** 1993. Cruise Report: CSS Hudson Cruise 93034 in Hudson Strait, Ungava Bay, Eastern Canadian Arctic. October 16 - November 8, 1993. Geological Survey of Canada, Open File 2818, 135 p.
- MacLean, B.C. and Wade, J.A.** 1993. Petroleum geology of the continental margin south of the islands of St. Pierre and Miquelon, offshore eastern Canada. Bulletin of Canadian Petroleum Geology, v. 40, p. 222-253.
- MacNab, R., W. Roest, and L.C. Kovacs.** 1993. Visits to geoscience organizations in St. Petersburg and Moscow, Russia, June 29 to July 7, 1993. Geological Survey of Canada, Open File 02717, 61 p.
- MacRae, R.A., Fensome, R.A. and Williams, G.L.** 1993. Dinoflagellate diversities, extinctions and sea-level curves. Geological and Mineralogical Associations of Canada, Annual Meeting, Edmonton, Program and Abstracts, p. A65.
- MacRae, R.A., Fensome, R.A. and Williams, G.L.** 1993. Fossil dinoflagellate diversities: a specific approach. Geological Society of America, Abstracts and Program, p. A57. Poster also presented at the American Association of Stratigraphic Palynologists, Program and Abstracts, p. 56.
- Miller, R.O. and G.B.J. Fader.** 1993. Cruise report, C.S.S. Navicula 90-038. Cape St. Marys to Country Island, Nova Scotia. October 9-25, 1990. Geological Survey of Canada, Open File 2805, 18 p., 1 sheet.
- Miller, A.A.L.** 1993. Quaternary foraminiferal biostratigraphy of three shallow geotechnical boreholes, Balmoral, Cohasset and Panuke wellsites, western Sable Island Bank. Geological Survey of Canada, Open File 02710, 88 p.
- Moir, P.N.** 1993. Jeanne d'Arc Basin structure maps. In: Hydrocarbon Charge Modeling Project, IRAS Newsletter, v. 5, p. 18.
- Moir, P.N.** 1993. Industry standard petroleum data models: implementation at AGC. In: Hydrocarbon Charge Modelling Project, IRAS Newsletter, v. 5, p. 19.
- Mukhopadhyay, P.K.** 1993. Characterization and Maturation of Selected Cretaceous and Jurassic Source Rocks and Crude Oil, Scotian Shelf. Geological Survey of Canada, Open File 2621, 99 p.
- Mukhopadhyay, P.K.** 1993. Characterization and Maturation of Selected Oil and Condensate Samples and Correlation with Source Beds, Scotian Shelf. Geological Survey of Canada, Open File 2620, 94 p.
- Pe-Piper, G. and D.J.W. Piper.** 1993. Revised stratigraphy of the Miocene volcanic rocks of Lesbos, Greece. Neues Jahrbuch Fur Geologie Und Palaeontologie, Monatshefte 2: 97-110.
- Piper, D.J.W. and B. Savoye.** 1993. Processes of late Quaternary turbidity current flow and deposition on the Var deep-sea fan, north-west Mediterranean Sea. Sedimentology 40(3): 557-582.
- Pogrebitsky, Y.E., V.N. Shimaraev, V.V. Verba, J. Verhoef, R. Macnab, J. Kisabeth, G. Jorgensen.** 1993. Magnetic Anomaly Map of Russia and Adjacent Land and Marine Areas. Geological Survey of Canada, Open File 2639, 1 map
- Ruffman, W.A.** 1993. History of Canadian Geological and Geophysical Surveys in the Area of St. Pierre Bank 42 degrees to 48 degrees N; 52 degrees to 61 degrees. Geological Survey of Canada, Open File 2631, 114 p.
- Salem, H.S.** 1993c. Detailed results of petrophysical, electric, anisotropic, and elastic parameters at one meter depth increments for eight Terra Nova wells. Geological Survey of Canada, Open File 02723, 258 p.
- Salem, H.S.** 1993a. A preliminary study of the physical properties of the Terra Nova and Hibernia oil fields in the Jeanne d'Arc Basin, offshore Newfoundland, Canada. Geological Survey of Canada, Open File 02686, 79 p.
- Salem, H.S.** 1993b. Detailed quantitative analyses of physical properties (measured and deduced) at one meter depth increments for the interval 355-5141 m (4786 m) of the Glenelg J-48 well in the Sable Island area, offshore Nova Scotia. Geological Survey of Canada, Open File 02724, 342 p.
- Salem, H.S.** 1993d. Detailed results of petrophysical, electric, anisotropic, and elastic parameters at one meter depth increments for six Hibernia wells. Geological Survey of Canada, Open File 02722, 222 p.
- Sanford, B.V. and Grant, A.C.** 1993. Hudson Platform - Recent Advances in the Geology of the Hudson Platform. Chapter 8. In: Sedimentary Cover of the Craton in Canada, D.F. Scott and J.D. Aitken (eds.). Geological Survey of Canada, Geology of Canada, no. 5, p. 687-689.
- Savoye, B., D.J.W. Piper, and L. Droz.** 1993. Plio-Pleistocene evolution of the Van deep-sea fan off the French Rivera. Marine and Petroleum Geology 10: 550-571.
- Savoye, B. and D.J.W. Piper.** 1993. Quaternary sea-level change and sedimentation on the continental shelf and slope of Antibes, French Riviera. Geomarine Letters 13: 2-8.
- Shaw, J., R.B. Taylor, and D.I. Forbes.** 1993. Impact of the Holocene transgression on the Atlantic coastline of Nova Scotia. Géographie Physique et Quaternaire 47(2): 221-238.
- Shaw, J.** 1992. Surficial Sediments of Baie Verte, Newfoundland, Geological Survey of Canada, Open File 2457, 39 p., 5 maps.
- Srivastava, S.P., Coflin, K.C. and Sibuet, J.-**

- C. 1993. Multichannel seismic survey in the Newfoundland Basin: a Canadian-French collaboration. Abstract, GAC-MAC Annual Meeting, Edmonton, Alberta.
- Srivastava, S.P., Coflin, K.C. and Sibuet, J.-C.** 1993. Multichannel seismic survey in the Newfoundland Basin: a Canadian-French collaboration. Abstract, GSC Forum, Ottawa, Ontario.
- Syvitski, J.P.M.** 1993. Glaciomarine environments in Canada: an overview. *Canadian Journal of Earth Sciences* 30(2): 354-371.
- Syvitski, J.P.M. and J.M. Alcott.** 1993. Grain2: predictions of particle size seaward of river mouths. *Computers and Geosciences* 19(3): 399-446.
- Syvitski, J.P.M., S.J. Hinds, and J.A. Burns.** 1993. Marine Geology of Lake Melville (Labrador). Geological Survey of Canada, Open File 2759, 34 maps.
- Syvitski, J.P.M., S.J. Hinds, and J.A. Burns.** 1993. Marine Geology of Goose Bay (Labrador). Geological Survey of Canada, Open File 2760, 17 maps.
- Taylor, R.B.** 1993. Recent morphological changes and future management of Crescent Beach, Lunenburg County, Nova Scotia. Geological Survey of Canada, Open File 02675, 20 p.
- Taylor, R.B. and D. Frobel.** 1993. The coastline of Nova Scotia, Part 1, Bay of Fundy and Gulf of Maine (New Brunswick border to Yarmouth). Geological Survey of Canada, Open File 02705, 51 p.
- Thomas, F. C.** 1993. Preliminary Cenozoic Micropalaeontological Biostratigraphy of 16 Wells, Jeanne D'Arc Basin, Grand Banks of Newfoundland. Geological Survey of Canada, Open File 2799, 55 p.
- Thomas, F.C.** 1993. Cenozoic foraminiferal assemblages of the Hibernia area, Grand Banks of Newfoundland and paleoecological implications. In: Current Research, Part D, Geological Survey of Canada, Paper 1994-D, p. 1-12.
- Verhoef, J. and W.R. Roest.** 1993. Reading the stripes: offshore discoveries in plate tectonics with examples from eastern Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences* 30(2): 261-277.
- Williams, G.L., Stover, L.E. and Kidson, E.J.** 1993. Morphology and stratigraphic ranges of selected Mesozoic-Cenozoic dinoflagellate taxa in the northern hemisphere. Geological Survey of Canada, Paper 92-10, 137 p.
- Williams, G.L., L.E. Stover, and E.J. Kidson.** 1993. Morphology and stratigraphic ranges of selected Mesozoic-Cenozoic dinoflagellate taxa in the northern hemisphere. Geological Survey of Canada, Paper No. 92-10, 140 p.
- Williamson, M.A., Desroches, K. and King, S.** 1993. Overpressure and hydrocarbon migration in the Hibernia-Nautilus area of the Jeanne d'Arc Basin, offshore eastern Canada. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, v. 41, no. 4, p. 389-406.
- Williamson, M.A., Desroches, K. and King, S.** 1993. Overpressure and hydrocarbon migration in the Hibernia-Nautilus area of the Jeanne d'Arc Basin, offshore eastern Canada. Extended abstract in *Geofluids '93* volume, p. 69-72.
- Williamson, M.A., Katsube, T.J., Huang, Z., Fowler, M.G., McAlpine, K.D., Thomas, F.C., Fensome, R.A. and Avery, M.P.** 1993. Hydrocarbon charge history of east coast offshore basins: modelling geological uncertainty. In: Current Research, Part E, Geological Survey of Canada, Paper 93-1E, p. 299-306.
- Williamson, M.A., Huang, Z., McAlpine, K.D., Thomas, F.C., Fensome, R.A., Katsube, T.J. and Avery, M.P.** 1993. Hydrocarbon charge history of east coast offshore basins: modelling geologic uncertainty. In: Current Research, Part E, Geological Survey of Canada, Paper 93-1E, p. 299-306.
- Williamson, M.A. and McAlpine, K.D.** 1993. Understanding oil and gas distribution in offshore sedimentary basins: a research strategy for the 1990's. *BIO Annual Review*.
- Williamson, M.A., T.J. Katsube, Z. Huang, M. Fowler, K.D. McAlpine, F.C. Thomas, R. Fensome, and M. Avery.** 1993. Hydrocarbon charge history of east coast offshore basins: modelling geological uncertainty. Current Research, Part E. Geological Survey of Canada, Paper No. 93-1E: 299-306.
- Williamson, M.A., Coflin, K.C., McAlpine, K.D., Huang, Z., White, J. and Fowler, M.G.** 1993. Heavy oil occurrence in the Jeanne d'Arc Basin: general data compilation. Proprietary report prepared for participants in the Heavy Oil IPP Project.
- Williamson, M.A. and K. Desroches.** 1993. A maturation framework for Jurassic sediments in the Sable Subbasin, offshore Nova Scotia. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology* 41(2): 244-257.
- Williamson, M.A.** 1993. Hydrocarbon Charge Modelling of Canada's East Coast Offshore Basins. Extended abstract and poster in *Geofluids '93*, p. 255-258.
- Zevenhuizen, J.** 1993. Surficial marine geology, southeastern Hudson Bay. Geological Survey of Canada, Open File 02770, 57 p.
- Amos, C.L. 1993. The Fox Island River Chromite Placer Survey - November 1991. Geological Survey of Canada, Open File 2607, 41 p.





Gouvernement  
du Canada

Pêches  
et Océans

Ressources naturelles

Environnement

Government  
of Canada

Fisheries  
and Oceans

Natural Resources

Environment