

# Revue des Sciences 1990 & '91



Institut océanographique de Bedford



Laboratoire de recherche halieutique de Halifax



Station biologique de St. Andrews

137-215-122  
DC 092

*La Revue des sciences de l'Institut océanographique de Bedford, du Laboratoire de recherche halieutique de Halifax et de la Station biologique de St. Andrews* décrit les programmes de recherche et d'étude que le gouvernement fédéral a mis en oeuvre dans ces trois établissements en vue d'atteindre les grands objectifs suivants :

- Effectuer des recherches appliquées menant à la formulation d'avis sur la gestion des milieux marins et dulçaquicoles, comprenant les ressources halieutiques et les gisements d'hydrocarbures extracôtiers.
- Effectuer des recherches fondamentales conformément aux mandats ministériels.
- Effectuer les levés et le travail cartographique nécessaires à la production de cartes marines adéquates de la région qui va du banc Georges au passage du Nord-Ouest dans l'Arctique canadien.
- Intervenir dans les grandes catastrophes survenant dans le milieu marin, en apportant toute la compétence et toute l'assistance possibles.

Trois ministères participent à ces programmes, soit celui des Pêches et des Océans, celui de l'Énergie, des Mines et des Ressources et celui de l'Environnement. Les travaux réalisés portent sur la géologie et la géophysique marines, sur l'océanographie physique, sur la chimie marine, sur l'océanographie biologique, sur la recherche halieutique, sur l'étude des oiseaux de mer, ainsi que sur les levés et les cartes de navigation.

# Table des matières

## RECHERCHE

Revue 1990 et 1991 <i>S. B. MacPhee, D. I. Ross, et H. B. Nicholls</i> .....	1
Détection des effets de la pollution marine <i>R. F. Addison</i> .....	9
Métabolisme énergétique des populations de phoques de la plate-forme néo-écossaise <i>W. D. Bowen</i> .....	13
Projet d'établissement des profils du phytoplancton <i>G. L. Bugden, D. V. Subba Rao, et P. A. Yeats</i> .....	18
Mise au point d'un système canadien de cartographie océanique <i>G. Costello, D. Peyton, et G. Lebars</i> .....	23
Le rôle de l'information dans un milieu scientifique <i>A. Fiander</i> .....	33
Les systèmes d'information géographique appliqués à la production de cartes marines <i>D. R. Frizzle, D. D. Nicholson, S. A. Smith, et H. P. Varma</i> .....	35
From oceanographic research to operational oceanography by <i>D. Gregory</i> .....	38
La nutrition des poissons et des invertébrés <i>S. P. Lall et J. D. Castell</i> .....	42
La conchyliculture en Nouvelle-Écosse <i>R. E. Lavoie, D. J. Scarratt, K. Freeman, et B. Bradford</i> .....	47
Recherche sur l'écologie de l'habitat du homard dans la baie de Fundy <i>P. Lawton et D. A. Robichaud</i> .....	53
Physique et biologie du système frontal du banc de Georges <i>J. W. Loder, 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, et M. M. Sinclair</i> .....	57
Levés gravimétriques et magnétiques à bord du N.S.C. <i>Baffin</i> <i>B. D. Loncarevic et G. C. Rockwell</i> .....	62
Le Programme d'adaptation des pêches de l'Atlantique <i>R. O'Boyle, K. Drinkwater, B. Petrie, T. W. Rowell, et W. P. Vass</i> .....	68

à suivre...

La Revue des sciences de l'Institut océanographique de Bedford, du Laboratoire de recherche halieutique de Halifax et de la Station biologique de St. Andrews est publiée 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 l'évaluation et de la liaison, travaux maritimes  
Ministère des Pêches et des Océans  
Institut océanographique de Bedford  
C.P. 1006  
Dartmouth (Nouvelle-Écosse)  
Canada B2Y 4A2

No de cat. : Fs75-104/1991F  
ISBN 0-662-18470-X

An English Version is also available.

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1992

Rédacteurs en chef :  
Jusqu'en juin 1992 :  
Thea E. Smith,  
TES Technical Services,  
Halifax (Nouvelle-Écosse)  
À compter de juillet 1992 :  
Joanne Cook,  
CEF Consultants Ltd.,  
Halifax (Nouvelle-Écosse)

Production :  
Arthur Cosgrove

Photographies :  
Section de photographie de l'IOB

Assemblage électronique :  
Paragon Services,  
Lower Sackville (Nouvelle-Écosse)

Imprimeur :  
McCurdy Printing and  
Typesetting Limited,  
Halifax (Nouvelle-Écosse)

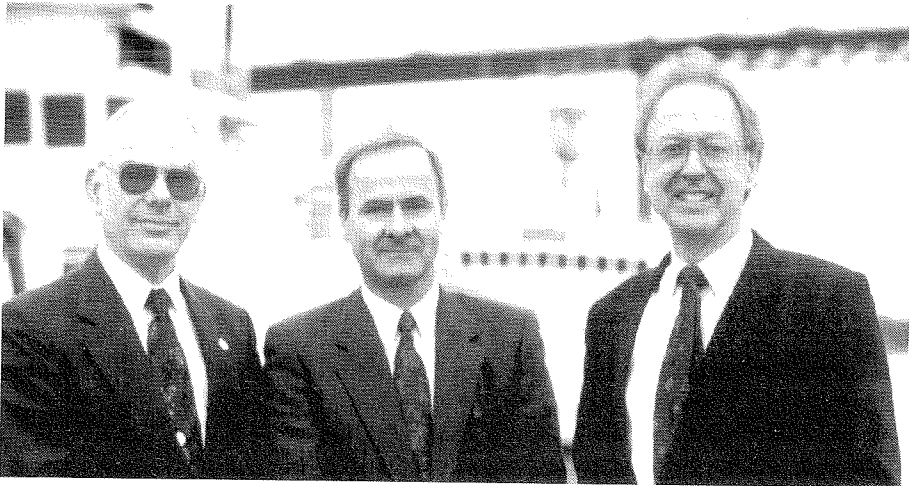
Marégraphes et diffusion des données enregistrées : Situation actuelle et future <i>C. T. O'Reilly, G. D. Steeves, S. de Margerie, et T. Millen</i> .....	75
Techniques numériques d'acquisition de données par emploi du sonar à balayage latéral et de levés sismiques et affichage de ces données <i>D. R. Parrott, B. C. Nichols, J. R. Currie, R. G. Currie, et R. C. Courtney</i> .....	79
Problèmes abordés au cours du processus d'approbation des permis autorisant l'immersion des déchets en mer <i>D. Peer, N. Prouse, et G. Seibert</i> .....	84
Espadon : Recherche et évaluation des stocks <i>J. M. Porter</i> .....	87
Observation des propriétés de la glace de mer par couplage des procédés de modélisation de la glace et des océans et des procédés de prévision des glaces <i>S. J. Prinsenbergh et G. A. Fowler</i> .....	91
La gestion du saumon et la science dans les années 90 <i>J. A. Ritter et R. E. Cutting</i> .....	96
Répercussions des processus sédimentaires infralittoraux sur la mise en valeur des gisements d'hydrocarbures dans la mer de Beaufort <i>S. Solomon</i> .....	100
L'effet du mouvement de l'eau sur la sestonophagie chez les mollusques <i>D. J. Wildish</i> .....	108
Comment expliquer la distribution du pétrole et du gaz dans les bassins sédimentaires extracôtiers : Stratégie de la recherche pendant les années 90 <i>M. A. Williamson et K. D. McAlpine</i> .....	111
<b>ORGANISATION ET PERSONNEL</b> .....	119
<b>TRAVAUX DE RECHERCHE</b> .....	121
<b>MISSIONS DES NAVIRES</b> .....	130
<b>CARTES ET PUBLICATIONS</b> .....	149

*Note de l'éditeur :*  
*La présente édition de la*  
*Revue des sciences*  
*a été produite à l'aide de*  
*Aldus® Freehand™, de*  
*Aldus® PageMaker™, et de*  
*Microsoft® Word™ sur un*  
*ordinateur Apple Macintosh IIfx.*

# Recherche

## Revue 1990 et 1991

S. B. MacPhee, D. I. Ross, et H. B. Nicholls



*D. I. Ross, S. B. MacPhee, et H. B. Nicholls*

Malgré les restrictions financières, les années 1990 et 1991 ont été intéressantes et fructueuses en ce qui concerne les programmes de recherche et de relevés menés à l'Institut océanographique de Bedford (IOB), au Laboratoire de recherche sur les pêches d'Halifax et à la Station biologique de St. Andrews. Les paragraphes qui suivent décrivent plusieurs événements importants qui se sont produits pendant ces deux ans aux laboratoires du ministère des Pêches et des Océans (MPO) et à ceux d'Énergie, Mines et Ressources Canada (EMRC) et d'Environnement Canada (EC).

### Personnel

Au sein du MPO, le seul changement de personnel à la haute direction a été la



*N. Bellefontaine*

nomination de M. Neil Bellefontaine au poste de directeur général de la région de Scotia-Fundy.

M. Bellefontaine a assumé ses nouvelles fonctions à la fin de 1990, en remplacement de M. Jean-Eudes Haché qui est devenu sous-ministre adjoint des Opérations des pêches.

Au Centre géoscientifique de l'Atlantique d'EMRC, il y a eu plusieurs changements à la haute direction. M. Don MacAlpine a remplacé le Dr Mel Best au poste de chef de l'Analyse des bassins lorsque ce dernier a été muté au Centre géoscientifique du Pacifique. En outre, le Dr Jacob Verhoef a remplacé le Dr Matt Salisbury au poste de chef de la Reconnaissance régionale, et M. George McCormack (détaché de Statistique Canada) a assumé les fonctions de chef de l'Administration lorsque Mme Carol Racine a quitté l'IOB.

À Environnement Canada, le Dr Harry Samant, chef du Laboratoire régional (Protection de l'environnement), a laissé l'Institut pour accepter un nouveau poste à Travaux publics Canada.

### In memoriam

Le Dr Michael J. Keen, ancien directeur du CGA, est mort subitement chez lui le 8 janvier 1991. Il a débuté sa carrière à l'Université Dalhousie en 1961, chargé d'établir le premier programme universitaire de géophysique marine au Canada.

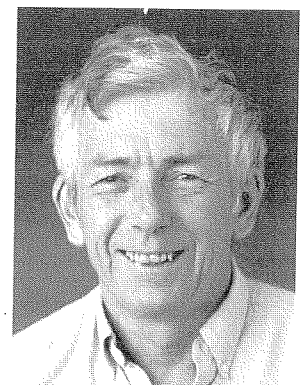
Le Dr Keen a rédigé un des premiers traités de géophysique marine. Il s'est hissé au

poste de directeur du Département de géologie avant de devenir vice-doyen des Sciences. Il s'est joint au CGA en 1977 à titre de deuxième directeur et a occupé ce poste pendant 11 ans. Sous sa direction, le Centre a connu son grand essor; il a su s'assurer une aide importante dans le cadre de plusieurs initiatives gouvernementales, y compris le Programme géoscientifique des régions pionnières. Il a toujours encouragé l'essor de la science sur le plan international, et a été à l'origine de la participation du Canada au Programme de sondage des fonds marins. En 1988, le Dr Keen «est retourné au laboratoire» pour poursuivre des études sur l'origine et la répartition des roches métamorphiques sur le fond marin, et sur les conséquences de phénomènes géologiques récents sur le changement climatique planétaire.

### Prix, nominations et présentations

Les noms de membres du personnel des laboratoires ont été associés aux prix, nominations et présentations suivants :

- Le Dr Shubha Sathyendranath, chercheur associé à la Division d'océanographie biologique du MPO, s'est mérité le prix EUROSENSE de 1989. Ce prix est remis par la Remote Sensing Society pour un article publié dans l'International Journal of Remote Sensing.
- Le Dr Trevor Platt, chef de la Division d'océanographie biologique du MPO, a été élu membre de la Société royale du Canada.
- Le Dr Peta Mudie, chercheur à la Sous-division de géologie marine-environnement du CGA, a été élu membre de la Société royale du Canada.



*M. J. Keen*

- Le Dr Alan Longhurst, chercheur à la Division d'océanographie biologique du MPO, a reçu la médaille d'or 1991 de l'Institut professionnel de la fonction publique du Canada pour l'ensemble de ses contributions au développement de l'océanographie canadienne.
- Le Dr Charlotte Keen, chercheur à la Sous-division de la reconnaissance régionale du CGA, a été nommée maître de conférences Rutherford 1991 pour sa contribution à la connaissance de l'évolution des marges continentales et des bassins sédimentaires connexes.
- Le Dr Ken Frank, chercheur à la Division des poissons de mer du MPO, a été nommé maître de conférences J. C. Stevenson 1992. Cette distinction prestigieuse a été instituée en l'honneur de Cam Stevenson, longtemps rédacteur en chef du Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques.

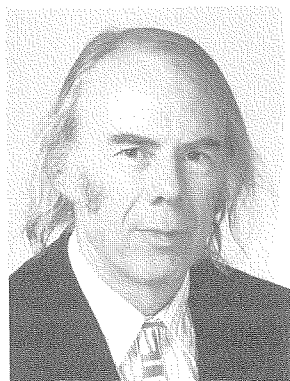
**Prix Huntsman :** Le prix A.G. Huntsman d'excellence en sciences marines est administré par une fondation privée dont le siège se trouve à l'IOB. Il a été remis deux fois au cours de la période de revue.

Le 8 janvier 1991, le Dr Nick Shackleton de l'Université de Cambridge a reçu la médaille Huntsman 1990 en reconnaissance de son travail novateur en paléo-océanographie et dans le développement de la stratigraphie basée sur les isotopes de l'oxygène.

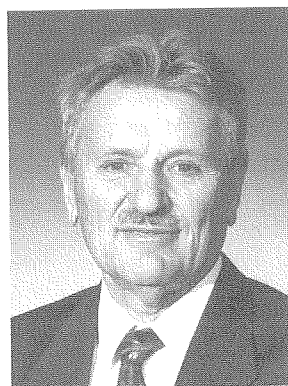
Le 15 novembre 1991, le Dr Gabriel Csanady de la Old Dominion University à Norfolk (Virginie) a reçu la médaille Huntsman 1991 en reconnaissance de ses contributions fondamentales à la connaissance de la circulation et du brassage sur le plateau continental et dans les lacs.

### Points saillants en matière de recherche et de relevés

Suit une liste de certains des événements importants qui se sont déroulés en 1990 et 1991, par grande région géographique.



N. Shackleton



G. Csanady

**Golfe du Maine, banc Georges, baie de Fundy :** En août 1990, le CGA et l'Université du Maine ont étudié la géologie à faible profondeur du golfe du Maine dans un projet parrainé par l'U.S. National Science Foundation (NSF). Le but de l'étude, qui a été menée à bord du bateau Cape Hatteras de la NSF, était de déterminer comment le golfe du Maine a évolué d'un bassin rempli de glace à l'époque glaciaire au plan d'eau biologiquement productif qu'il est devenu aujourd'hui. Pendant la croisière, le système de sismique-réflexion à haute résolution, remorqué en profondeur, qui a été mis au point par Huntex Ltd., une entreprise canadienne, a produit d'excellents profils du fond marin et de la couche sous la surface. Les cartes et les rapports préparés à partir du relevé conjoint aideront à interpréter la géologie de cette région.

L'étude de la structure des populations de pétoncles géants sur les grands bancs de pêche de la côte est s'est poursuivie en 1990. L'approche adoptée consistait à établir les différences morphologiques des coquillages et à identifier les groupes présentant des traits morphologiques communs. Le travail a consisté à recueillir plus de 1 000 coquillages de pétoncles âgés de quatre et cinq ans dans la baie de Fundy, sur le banc Georges, sur le banc Western et sur le banc de St-Pierre.

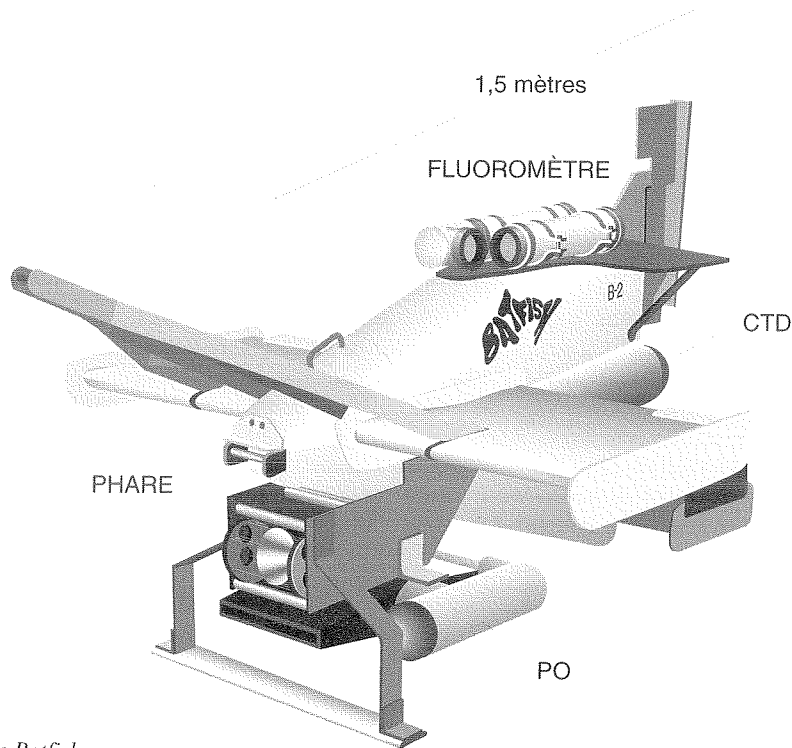
Une nouvelle question importante est ressortie au cours de la période de revue; il s'agit des effets de l'aquiculture sur l'environnement de la zone littorale. Les principaux effets seraient attribuables au rejet de déchets dissous et particuliers tels que des éléments nutritifs inorganiques, des matières fécales et, dans le cas de la pisciculture, des aliments non consommés. Un programme multidisciplinaire a été entrepris pour établir une hiérarchie de modèles informatiques d'évaluation des effets. Des études connexes dans le domaine sous-tendent l'élaboration des modèles numériques. Par exemple, en 1991,

une expérience a été menée en collaboration avec SeaFarms Canada Ltd. pour déterminer le taux de rejet à proximité de cages à saumon situées dans la région de L'Étang au Nouveau-Brunswick et pour évaluer la corrélation entre ce taux et la vitesse du courant, l'encrassement des cages et la densité des alevinages.

En 1990 et 1991, la recherche sur les migrations de homards dans la région du golfe du Maine s'est poursuivie. Les déplacements sur de longues distances, atteignant parfois 100 km, dans le golfe du Maine et certaines parties méridionales du plateau de la Nouvelle-Angleterre sont uniques. Les déplacements le long des côtes est et sud de la Nouvelle-Écosse, du golfe du St-Laurent et de Terre-Neuve sont en général inférieurs à 10 km. Les études de migration dans le golfe du Maine ont permis d'identifier trois éléments communs : la grande majorité des animaux étiquetés sont recapturés près de l'endroit de leur mise en liberté; des migrations de retour s'effectuent sur de grandes distances, et un faible pourcentage d'animaux se déplacent sur de très grandes distances dans ce qui semble être un mouvement de dispersion dans un seul sens. Cette recherche, qui est importante aux fins de la gestion des stocks, se poursuit.

**Plate-forme Scotian :** L'Atlas du bassin de la plate-forme Scotian, deuxième d'une série sur la côte est produit par le CGA pour faire une synthèse des connaissances géoscientifiques actuelles sur les bassins des régions pionnières, a été publié en 1991. L'atlas traite de la bathymétrie, de la géologie de surface, de la géologie structurale, des paramètres géophysiques, de la biostratigraphie, de la séismostratigraphie et des conditions paléo-environnementales pour toute la période de formation des bassins sédimentaires.

Au cours d'une croisière à bord du N.S.C. Dawson en 1990, des chercheurs du MPO ont fait une étude sur l'abondance des euphausiacés sur la plate-forme Scotian. Ils ont utilisé un planctomètre optique monté sur le Batfish, l'échantillonneur de plancton à filet BIONESS et les principes de l'acoustique multifréquence. La recherche, qui porte sur le bassin d'Émeraude et le «Goulet» (canyon à la limite de la plate-forme adjacente au Banquereau), intéresse les gestionnaires des pêches, car les euphausiacés pourraient constituer une source d'alimentation en hiver pour le merlu argenté dans le bassin d'Émeraude. Les concentrations se sont avérées très élevées près du fond du bassin d'Émeraude, phénomène qui semble persister toute l'année. L'échantillonnage dans le Goulet et dans le courant littoral de la Nouvelle-Écosse a toutefois révélé que ces



*La sonde Batfish.*

années de l'expérience. Les mouvements des poissons étiquetés et télémésurés indiquent que les thons restent actifs après avoir été étiquetés et relâchés. D'autres expériences de marquage-recapture et de télémésure sont prévues pour 1992.

Des chercheurs du MPO ont joint leurs efforts à ceux de collègues de l'Université Dalhousie, de l'Université Memorial, de l'Université du Québec à Rimouski, de l'Université Laval, de l'Université McGill, de l'Université de la Colombie-Britannique et de l'Université Simon Fraser dans une étude interdisciplinaire sur la morue de l'Atlantique et les pétoncles de mer pendant la période de revue. La recherche est menée dans le cadre d'OPEN (réseau de mise en valeur des ressources maritimes), un des réseaux de centres d'excellence (RCE) annoncés par le gouvernement du Canada en 1990. Le but principal du programme OPEN est d'étudier les phénomènes qui régissent la survie, la croissance, la reproduction et la distribution de ces espèces. En plus de jouir de l'aide du gouvernement et des universités, le programme OPEN est financé par trois grandes

zones ne renferment presque pas d'euphausiacés.

Au cours de la période de revue, le CGA a effectué la dernière d'une série de croisières dans le port de Halifax dans le cadre d'un programme visant à étudier l'histoire géologique du bras de mer et de cartographier la distribution des sédiments et des caractéristiques du fond marin. Le but de cette croisière de 1990 était de combler les derniers vides dans les données et de prélever des échantillons de fond marin. Un sonar numérique à balayage latéral a fourni des renseignements détaillés sur le fond du port, tandis qu'un véhicule télécommandé portant une caméra a exploré des endroits d'intérêt particulier. Les cartes géologiques résultantes permettront aux ingénieurs de concevoir et de construire le nouveau réseau d'égouts régional de la région de Halifax-Dartmouth.

En 1990 et 1991, le personnel de la station biologique de St. Andrews a mené une expérience d'étiquetage du thon rouge dans la région du banc de Browns appelée «Hell Hole». Cet effort de collaboration entre la station biologique et la Southwest Nova Tuna Association comportait deux volets : une expérience de marquage-recapture pour déterminer la taille du banc de thons rouges dans le Hell Hole, et une expérience de télémésure ultrasonique pour évaluer les taux de mortalité et suivre les mouvements des thons pendant la pêche. Au total, 133 thons ont été étiquetés durant les deux premières



*L'échantillonneur BIONESS.*

sociétés de pêche de l'Atlantique canadien.

La croisière du CGA sur le banc de l'île de Sable à bord du N.S.C. *Hudson* en mars 1990 a permis de constituer une base de données utiles sur la stabilité des sédiments et la structure interne des sables constituant le banc. Des carottes de vibrocarottier, des carottes rectangulaires et de gros prélèvements à la drague de sédiments de fond, recueillis en travers de la position présumée d'une «barrière hydraulique» ont révélé que les sédiments sont très variables. Au-delà de la barrière, les sédiments sont des sables bien classés, tandis qu'en deçà ils sont limoneux ou argileux. La barrière hydraulique qui bloque le passage du sable est due à une variation importante de la grandeur et de la direction du courant en bordure du banc. Le travail indique que le banc de l'île de Sable est analogue aux roches réservoirs anciennes et que la barrière hydraulique est un mécanisme durable de formation d'étendues de sable de l'échelle des réservoirs en bordure des plateaux continentaux.

**Les Grands bancs, mer du Labrador :** En janvier 1990, des scientifiques à bord du N.S.C. *Hudson* ont travaillé dans la région de la dorsale Southeast Newfoundland. Il s'agissait de la première sortie du *Hudson* après une remise en état poussée à mi-vie. La croisière s'inscrivait dans le cadre d'une étude de l'écoulement en travers de cette dorsale, l'objectif étant de recueillir des données quantitatives sur le rôle des courants marins dans le transport de chaleur depuis les latitudes méridionales jusqu'au nord de l'Atlantique Nord. Un groupe courantométrique à sept amarres, largué depuis le *Hudson* en avril 1988, a été récupéré pendant la croisière, et diverses mesures de la température, de la salinité, de l'oxygène dissous et des éléments nutritifs ont été effectuées.

Une étude de la banquise au large de Terre-Neuve et du Labrador a été menée en mars 1990 pendant une croisière à bord du N.S.C. *Baffin*, dans le cadre de l'Expérience LIMEX sur les zones marginales des glaces du Labrador qui est reprise chaque année depuis 1987. La croisière visait à étudier les conditions océaniques et le mouvement des glaces pendant la phase de retrait. Elle a été menée par le MPO en collaboration avec le Service de l'environnement atmosphérique qui a effectué deux vols de radar à synthèse d'ouverture (RSO) pour obtenir des images hertziennes de la distribution des glaces. En outre, le Centre for Cold Ocean Resources Engineering de l'Université Memorial à Terre-Neuve a déployé un capteur sonique pour mesurer l'ablation glaciaire et a recueilli des données sur la fonte des glaces à la base d'un floe.

En 1990, des scientifiques du CGA ont collaboré avec des collègues français d'IFREMER à une étude de la marge continentale dans le sud-est des Grands bancs. L'expédition conjointe à bord du N.S.C. *Hudson* a utilisé un RSO numérique à balayage latéral de grande précision, remorqué en profondeur, et le système canadien Huntec pour recueillir des images du fond marin en travers de la marge dans le cadre d'une recherche sur la stabilité des pentes et les écoulements de débris.

Au cours de l'été 1991, le N.S.C. *Dawson* a effectué la première d'une série de sorties pour étudier les effets des engins de pêche sur l'habitat benthique des bancs de pêche canadiens. Des relevés ont été faits à deux endroits : une zone juste au nord d'Hibernia sur les Grands bancs et une autre sur le banc Western de la plate-forme Scotian. Un sonar à balayage latéral a été utilisé pour cartographier la distribution des marques de chalut et de drague sur le fond marin, et du matériel d'échantillonnage a été équipé de caméras vidéo pour fournir de l'information sur l'efficacité du matériel et la composition des populations benthiques.

À la fin de 1991, la première croisière du deuxième Programme canadien d'études des tempêtes dans l'Atlantique (PCETA) a été effectuée à bord du N.S.C. *Hudson* dans le nord des Grands bancs près d'Hibernia. Les grands objectifs de la croisière étaient les suivants : déployer un groupe d'amarres; faire un relevé hydrographique de la région; faire des études au moyen de dérivateurs de surface le long de la limite littorale du courant du Labrador; et coordonner les parcours de la

sonde Batfish et du profileur acoustique Doppler de courant, dans le courant du Labrador, en effectuant les mesures RSO par la voie des airs le long de la même route. Même si plusieurs fortes tempêtes ont causé des dommages aux instruments amarrés et à d'autres matériels, l'expérience a été réussie à maints égards, et des données utiles ont été recueillies.

**Arctique :** En janvier 1990, des géologues soviétiques de l'Institut pansoviétique de recherche océanographique de Leningrad ont visité le Canada pour travailler à l'étape finale du Projet de cartographie du Quaternaire circumpolaire. Il en est résulté la première carte montrant la genèse, l'âge et la composition des constituants des dépôts quaternaires dans la région comprise entre le 65<sup>e</sup> parallèle nord et le pôle nord. La partie occidentale de la carte a été produite en collaboration par des scientifiques de la Commission géologique du Canada et par des spécialistes de la géologie marine du CGA. La partie orientale a été compilée par des géologues de l'institut soviétique.

La carte, qui a été produite à l'aide du système d'information géographique informatisé canadien CARIS et qui complète la carte géologique circumpolaire que les deux pays ont publiée conjointement en 1989, a été publiée pendant la visite du Président Gorbachev à Ottawa en juin 1990.

La même année, deux pièges à sédiments amarrés sous la station de recherche de l'île de glace canadienne ont été récupérés avec succès; ils ont permis d'effectuer le premier relevé annuel de sédimentation de matières particulières dans la colonne d'eau supérieure



Le Polarstern, brise-glace allemand, a été un des premiers bateaux à propulsion classique à atteindre le pôle nord dans le cadre de l'expédition Arctique 1991.

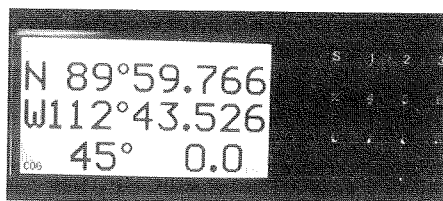


de l'océan Arctique. Le travail sur le terrain réalisé au début de septembre a été fait en collaboration par des scientifiques du MPO et du CGA.

En 1991, la Sous-division de géologie marine-environnement du CGA a entrepris des études en collaboration avec Hydro-Québec sur l'incidence environnementale des projets hydroélectriques comme celui de Grande-Baleine. Selon les termes de la collaboration, le CGA préparera une perspective régionale au large des embouchures des cours d'eau et Hydro-Québec fera les études détaillées des sites près des embouchures. Le travail régional donnera une vue d'ensemble et mettra en contexte l'étude des sites, les deux aspects étant essentiels à la compréhension de l'effet cumulé des projets. Une sortie importante du N.S.C. *Hudson* dans la baie d'Hudson et la baie James est prévue pour 1992.

En août 1991, deux scientifiques de l'IOB, le Dr John Vandermeulen et le Dr Don Gordon, ont visité Prince William Sound en Alaska, emplacement du déversement de l'*Exxon Valdez* en 1989. Lorsque l'*Exxon Valdez* s'est échoué le 24 mars 1989, il a déversé 36 000 t de brut de la baie de Prudhoe dans Prince William Sound, contaminant de pétrole environ 20 % du littoral. Exxon a entrepris un programme de nettoyage qui se poursuit aujourd'hui. Les visiteurs, comprenant Vandermeulen et Gordon, ont été témoins de la contamination intense de rivages qui portent maintenant peu de traces de pétrole. Les populations intertidales de plantes et d'animaux semblent saines et productives, et d'autres données indiquent que les niveaux des populations de mammifères marins et de poissons sont normaux.

Arctique 1991, expédition scientifique internationale dans l'océan Arctique, a eu lieu d'août à octobre 1991. L'expédition comprenait au départ trois bateaux : le brise-glace suédois *Oden*, le brise-glace allemand *Polarstern* et le brise-glace américain *Polarstar*. Des scientifiques de l'IOB étaient à bord de l'*Oden* et du *Polarstern*. Malheureusement, le *Polarstar* a eu des ennuis d'arbre d'hélice et a dû se retirer de l'expédition. Les programmes scientifiques à bord de l'*Oden* portaient sur l'étude de l'origine et de la circulation des masses d'eau dans l'océan Arctique, sur les propriétés radiatives de la glace de mer et sur les phénomènes en jeu dans la formation des nuages dans l'Arctique. Les programmes scientifiques du *Polarstern* et du *Polarstar* portaient surtout sur la géologie, notamment l'étude de l'évolution du fond marin dans le bassin de l'océan Arctique et l'histoire du climat de la région. Le 7 septembre, l'*Oden* et le *Polarstern* ont atteint le pôle nord. C'était la première fois



Indications du GPS au pôle nord.

que des bateaux à propulsion classique atteignaient le pôle et la première fois que deux bâtiments de surface étaient au pôle nord en même temps.

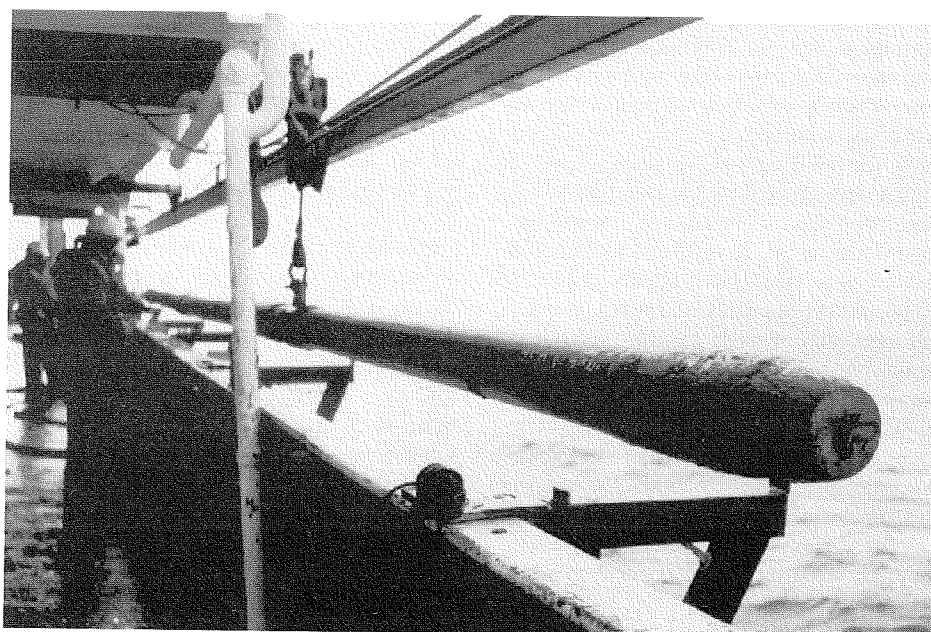
**À l'extérieur et sur le plan international :** En 1990, une croisière à bord du N.S.C. *Hudson* dans le nord-est du massif des Bermudes a permis d'essayer pour la première fois en mer la version modifiée du « carottier long ». Cette partie de l'Atlantique est une région de dérive sédimentaire présentant des taux très élevés de sédimentation (20 m par 1000 ans). Ces taux élevés en mer profonde ont permis d'essayer dans des conditions uniques le carottier qui a été mis au point à l'origine à l'Université du Rhode Island avec la participation du CGA. Le succès de l'expédition de 1992 a suscité l'intérêt de plusieurs autres pays.

En mars et avril 1990, des chimistes du MPO ont participé à la première expédition d'un programme international pluriennal de recherche sur les concentrations de base des contaminants inorganiques dans l'océan Atlantique. Le projet a été mis sur pied par le groupe d'experts sur les méthodes, les normes et l'étalonnage interlaboratoires du programme environnemental de la Commission

océanographique intergouvernementale, avec un apport considérable de scientifiques du MPO. La première expédition a été effectuée à bord du navire de recherche allemand *Meteor* en collaboration avec des géochimistes marins de plusieurs pays. Le but principal du projet est d'établir les distributions de fond des contaminants inorganiques à l'état de traces dans les grandes masses d'eau profonde de l'Atlantique.

En avril et en mai 1991, des études ont été entreprises dans l'Atlantique Nord dans le cadre de deux grands programmes de recherche internationale : la Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS) et la World Ocean Circulation Experiment (WOCE). En avril, dans le cadre du programme JGOFS, des scientifiques à bord du N.S.C. *Hudson* ont étudié les phénomènes océanographiques pendant la période d'éclosion printanière du phytoplancton, courte période d'activité biologique intense dans les océans, qui compte pour une fraction importante de la production primaire totale de l'année. En mai, le *Hudson* a participé à l'expérience WOCE visant à définir les déplacements d'eau dans la partie nord-ouest de l'Atlantique. Lors de cette deuxième sortie, des mesures dans le cadre de l'étude JGOFS ont aussi été effectuées pour évaluer les mouvements du carbone inorganique dissous vers l'intérieur de la masse océanique. Les deux croisières ont été réalisées de concert avec des bateaux d'autres pays.

En décembre 1991, le Dr Alex Herman du MPO a participé à une croisière à bord du bateau américain *Cape Hatteras* à titre de chercheur dans l'expérience SABRE de



Le « carottier long » du Centre géoscientifique de l'Atlantique.

recrutement dans les baies de l'Atlantique Sud, qui est parrainée par les États-Unis. Le projet vise à mettre au point des techniques de détection et de mesure de la concentration d'oeufs de menhaden dans l'Atlantique, le long de la côte est américaine, et dans le golfe du Mexique. Les relevés d'oeufs de menhaden pourraient fournir des renseignements importants pour les scientifiques chargés d'évaluer les stocks, et les nouvelles techniques pourraient éventuellement être utilisées dans les programmes d'étude de l'ichtyoplancton sur la côte est du MPO. L'expérience SABRE a permis d'effectuer avec succès des essais en mer du système de comptage des populations de menhaden.

Kate Moran du CGA a participé à la croisière de l'étape 131 du Programme de sondage des fonds marin de 1990 dans la cuvette Nankai. Le prisme d'accrétion de cette cuvette est le produit de la subduction de la plaque de la mer des Philippines sous l'arc Honshu. Le but du programme de sondage était d'étudier l'effet des fluides interstitiels sur le prisme d'accrétion, l'état mécanique et les propriétés physiques des sédiments déformés, ainsi que la texture et les styles structuraux des sédiments d'accrétion. Un outil de mesure in situ des contraintes latérales, mis au point par le CGA en collaboration avec des partenaires d'universités et de l'industrie, a été utilisé pour la première fois pour mesurer les contraintes et la pression interstitielle dans le prisme d'accrétion.

**Recherche générale :** Une expérience a été menée depuis le N.S.C. Dawson en mai 1990 pour vérifier l'hypothèse selon laquelle la pose d'une lampe sur le système canadien BIONESS permettrait d'attirer plus d'euphausiacés dans le filet et d'obtenir des estimations des populations plus proches de celles d'autres méthodes. Il semble que les euphausiacés utilisent des indices visuels pour éviter les prédateurs et les filets, et que la lumière vive empêche les animaux de voir le filet s'approcher. L'expérience a montré que, muni d'une lampe, le BIONESS a capturé un nombre plus élevé de plusieurs ordres de grandeur d'euphausiacés, autant le jour que la nuit, que cela n'était le cas sans lampe. Le résultat de l'expérience a des conséquences importantes pour les estimations de la biomasse de krill dans l'Antarctique et les autres océans, ce qui indique que la biomasse devrait être de plusieurs ordres de grandeur plus grande que prévu.

En décembre 1990, le Dr Allister McVicar du Marine Laboratory d'Aberdeen en Écosse et le Dr Trevor Evelyn de la Station biologique du Pacifique de Nanaimo en Colombie-Britannique ont fait un examen par

les pairs poussé du Programme de recherche sur les maladies du poisson dans la région de Scotia-Fundy du MPO, qui est administré par le Laboratoire de recherche sur les pêches de Halifax. Les deux scientifiques sont des spécialistes de longue date des maladies du poisson dans le contexte des industries traditionnelles des pêches et de l'aquiculture de l'Écosse et de la côte ouest du Canada. L'examen comprenait une évaluation du contenu scientifique du programme et de sa pertinence aux besoins de la région canadienne de l'Atlantique. Le rapport d'examen a été favorable; il souligne en particulier le lien étroit entre les volets diagnostic et recherche du programme, et recommande qu'un avis intégré sur la lutte contre les maladies soit donné.

En 1991 et 1992, des chercheurs de l'IOB et de l'Université McGill ont perfectionné un modèle informatique relativement simple qui permet d'étudier les très grandes échelles de temps qui intéressent les modélisateurs des climats océaniques. La grande innovation du modèle est sa capacité de représenter fidèlement la circulation de bassins océaniques individuels au moyen d'équations de mouvement pondérées par zone. Le modèle océanique global résultant est une représentation réaliste aux sensibilités équivalentes à celles des modèles beaucoup plus perfectionnés et coûteux. En outre, il peut reproduire les conditions et phénomènes océaniques actuels, par exemple la formation de masses d'eau profondes dans l'Atlantique Nord et leur passage dans les océans Pacifique et Indien par l'océan Austral, où elles remontent lentement et retournent progressivement dans l'Atlantique Nord en se maintenant près de la surface.

Les installations d'histoire naturelle vouées au maintien à long terme de collections taxonomiques importantes deviennent de plus en plus importantes en océanographie. Cela a fait sept ans en 1991 qu'a été mise en service une de ces installations, le Centre Référence Atlantique (CRA). Situé sur les terrains de la Station biologique de St. Andrews, le CRA est une entreprise conjointe du MPO et du Centre des sciences de la mer Huntsman. Il possède des collections de biote aquatique de la région de l'Atlantique et sert de centre de taxonomie, d'histoire naturelle, de morphologie fonctionnelle, d'évaluation de références environnementales et d'information en écologie. Le musée du CRA renferme maintenant plus de trois millions de spécimens d'organismes conservés, allant de protozoaires à des poissons (d'eau douce, d'estuaire et de mer), y compris des algues de mer. La construction d'un immeuble pour recevoir les collections, qui sont actuellement remises dans des

remorques, a été entreprise à la fin de 1991.

Le Système canadien de cartographie océanographique (SCCO), organe de mise en oeuvre de la stratégie canadienne en matière d'océans, a bien évolué pendant la période de revue. Le but de cette entreprise de collaboration entre le gouvernement, l'industrie et les universités est d'améliorer les moyens de cartographie océanographique du secteur privé par transfert de technologie. À cette fin, le semi-submersible télécommandé DOLPHIN a été transféré à l'industrie; depuis ce temps, il a été équipé d'un nouveau système sonar multifaisceaux, et un système de manipulation pour larguer et récupérer le système a été mis au point. En outre, du personnel du MPO collabore étroitement avec l'industrie et le Groupe de cartographie océanographique de l'Université du Nouveau-Brunswick à l'élaboration d'un logiciel de gestion des données recueillies par le système.

### Composition des groupes de travail

Des membres du personnel ont été affectés à divers groupes de travail nationaux et internationaux pendant la période de revue.

- Le Dr T. Platt, chef de la Division d'océanographie biologique du MPO, a été nommé président du programme international JGOFS (Joint Global Ocean Flux Study). À ce titre, il dirigera un groupe de scientifiques internationaux dans une étude du cycle du carbone dans l'océan et de ses effets sur le climat.
- Le Dr M. Best, chef de la Sous-division de l'analyse des bassins du CGA, a été nommé membre du Comité Canada-Terre-Neuve sur le pétrole et le gaz extracôtiers en 1990.

### Conférences et ateliers

Pendant la période de revue, les trois installations régionales ont tenu ou parrainé en tout ou en partie les conférences et ateliers suivants parmi d'autres.

- Atelier GLOBEC – Parrainé par des établissements océanographiques mixtes américains et faisant intervenir des scientifiques canadiens et américains sans compter plusieurs autres experts, cet événement a eu lieu à l'IOB du 19 au 21 juin 1990. GLOBEC (Global Ocean Ecosystems Dynamics) vise à évaluer les conséquences probables de changements dans le climat et la physique du Globe sur le maintien de la production animale dans la mer; la réunion de l'IOB portait sur un projet d'étude GLOBEC dans la région du banc Georges et du golfe du Maine.
- Atelier canadien de 1990 sur les algues de mer dangereuses – Cet atelier (le deuxième de la série) a eu lieu à l'IOB du 2 au 4 octobre 1990. Y ont participé 60 repré-

sentants du gouvernement, d'universités et de l'industrie, qui ont discuté des récentes recherches dans les domaines de l'écologie, de la toxicité, de la surveillance et de la chimie des algues toxigènes.

- Atelier de recherche sur le bras de mer de Halifax – Cet atelier, tenu à l'IOB le 13 février 1991, a servi de tribune pour la présentation et la discussion de résultats et de plans de recherche portant sur le bras de mer. Un atelier sur le même sujet avait eu lieu en 1989. En plus des scientifiques, l'auditoire comptait des personnes de formations diverses, dont des membres du comité fédéral-provincial d'évaluation environnementale qui examine les répercussions sur l'environnement du projet d'usine régionale de traitement des eaux d'égout.
- Atelier sur les aspects environnementaux de l'aquiculture – Cet atelier national a eu lieu à l'IOB les 5 et 6 mars 1991. Les participants représentaient le MPO, des organismes provinciaux pertinents et l'industrie de l'aquiculture.
- American Society of Limnology and Oceanography (ASLO) – l'IOB a été l'hôte de la réunion annuelle d'été de 1991 de l'ASLO à l'Université Saint Mary's, à Halifax, du 10 au 13 juin. La réunion a attiré le plus grand nombre de participants jamais vu (650); 400 mémoires en quatre séances et plus de 100 affiches ont été présentés.
- Groupe de travail du CIEM sur les stratégies d'évaluation et de surveillance environnementales – Ce groupe de travail a tenu sa première réunion à l'extérieur d'Europe continentale, soit au Laboratoire de recherche sur les pêches de Halifax et à l'IOB, du 4 au 8 novembre 1991.
- Réunion et conférence annuelles mixtes de la World Aquaculture Society et de l'Association aquicole du Canada – Cet événement important, tenu à Halifax en juin 1990, a attiré du personnel du Laboratoire de recherche sur les pêches de Halifax et de la Station biologique de St. Andrews à titre de représentants des sociétés, organisateurs de réunions et présidents de séances.
- Quatrième atelier biennal sur le benthos – L'atelier de 1991, tenu à la Station biologique de St. Andrews, a porté sur les effets de la mariculture sur les systèmes côtiers.

### Transfert technologique

D'importantes journées d'accueil ont eu lieu à l'IOB du 18 au 20 octobre 1990; près de 30 000 personnes s'y sont présentées. La veille, le 17 octobre, a été désignée «journée du client» pour permettre aux clients de l'IOB provenant de l'industrie, d'universités et des

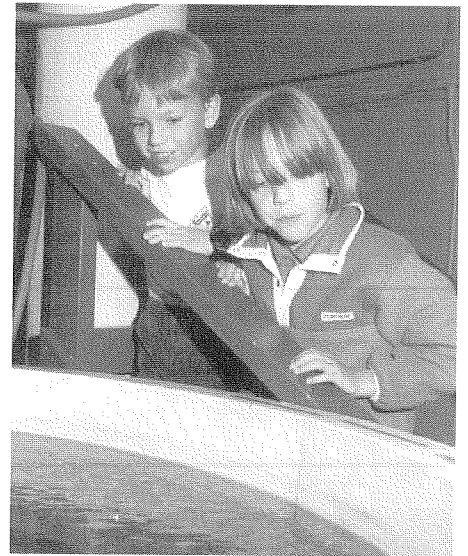
gouvernements de visiter les kiosques, d'assister aux séances sur les activités scientifiques de l'IOB et de rencontrer divers scientifiques dans un cadre informel pour discuter de sujets communs d'intérêt et de préoccupation. Plusieurs présentations étaient le résultat d'un transfert technologique avec des scientifiques du MPO et d'ÉMRC à l'IOB. D'autres transferts technologiques ont marqué la période de revue :

- Une entente de transfert de technologie a été conclue entre le MPO et ORACLE Canada Corporation pour l'étude et la commercialisation sous forme de base de données des techniques de structuration des données spatiales mises au point par le Service hydrographique du Canada du MPO.
- Le CGA a continué de conseiller l'industrie du pétrole en matière de géologie, notamment en matière d'exploration et de production extracôtières. En 1990 et 1991, l'accent a été mis sur le projet Cohasset-Panuke-Balmoral au large de la Nouvelle-Écosse, qui a commencé la production en 1992.
- Le transfert de technologie dans le domaine de l'aquiculture s'est poursuivi pendant la période de revue. L'événement marquant a été la Foire aquicole de l'Atlantique, qui a lieu chaque année à St. Andrews et à laquelle participe du personnel de la Station biologique de St. Andrews.
- Parmi les transferts technologiques vers l'industrie concernant des instruments et autres pièces de matériel en 1990 et 1991, mentionnons la bouteille d'échantillonnage de l'eau de l'IOB, le système de vibro-carottage du CGA, la sonde BUD (Biological

Upwelling and Downwelling) et un mécanisme de largage magnétique sous-marin.

### Visiteurs

Comme par le passé, les trois établissements régionaux ont reçu de nombreux visiteurs du Canada et de l'étranger. Citons notamment les visites à l'IOB du Comité permanent des Communes sur l'industrie, la science et la technologie, Développement régional et du Nord; du Comité spécial sur l'énergie et le traitement des ressources de l'Assemblée législative d'Australie occidentale; du ministre des Pêches de



*Jeunes visiteurs au Laboratoire des poissons de l'IOB pendant les Journées d'accueil de 1990.*



*Des étudiants scrutent l'IOB de près pendant les Journées d'accueil de 1990.*

l'ancienne Union soviétique; du Dr R. K. Steedman, président désigné de l'Institut australien des sciences de la mer; de l'ECOR (Engineering Committee on Oceanic Resources) à l'occasion de son assemblée annuelle et de la réunion de son conseil de 1990; de M. Pierre Papon, président d'IFREMER, France; de la Commission canadienne pour l'UNESCO; et de membres du JAMSTEC (Japan Marine Science and Technology Centre).

### Services de soutien

Les services de soutien ont été marqués par les événements suivants en 1990 et 1991 :

- Le N.S.C. *Hudson* a été remis en service le

9 mars 1991 après une remise à neuf poussée comportant le remplacement de deux moteurs principaux.

- Le 23 mai 1991, une nouvelle salle de conférences a été officiellement inaugurée à la Station biologique de St. Andrews, et nommée en l'honneur du Dr H. B. Hachey (1901-1985) en reconnaissance de son importante contribution aux sciences de la mer dans l'Atlantique canadien.
- En 1990, un «mini-ordinateur» Stardent 3040 a été installé à l'IOB à des fins de modélisation en océanographie physique.
- Deux grands navires de recherche de l'IOB, le N.S.C. *Baffin* et le N.S.C. *Dawson*, ont été mis hors service en 1991. Une partie du travail du *Baffin* sera pris en charge par le

N.S.C. *Matthew*, transféré de la région de Terre-Neuve du MPO, tandis que le *Dawson* sera remplacé par le N.S.C. *Parizeau*, qui doit être transféré de la région du Pacifique en janvier 1992.

### Publications

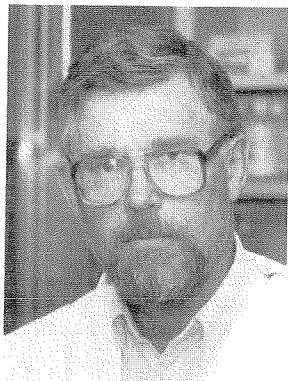
Les établissements communiquent avec leurs clients respectifs par divers moyens : articles de revue, rapports et cartes marines. En 1990 et 1991, les publications des établissements ont encore été nombreuses. En particulier, plusieurs livres et atlas ont été produits. Plus amples détails sont fournis dans la partie de la présente Revue intitulée «Cartes et publications».



Le N.S.C. *Baffin* et le N.S.C. *Dawson* ont été mis hors service en 1991.

# Détection des effets de la pollution marine

R. F. Addison



R. F. Addison

La plupart d'entre nous associe la pollution à la chimie. Nous nous préoccupons de la concentration de mercure dans le poisson ou de la quantité de DDT chez les oiseaux aquatiques. Cependant, à long terme, ce ne sont pas tant les concentrations absolues de ces polluants qui nous préoccupent que leurs effets. Des concentrations élevées de mercure dans le poisson seront-elles toxiques pour tous ceux qui les consommeront ? Ou des concentrations élevées de DDT empêcheront-elles les oiseaux aquatiques de se reproduire ? L'information chimique n'est que la première étape lorsqu'on cherche à répondre à des questions biologiques; nous décrivons la pollution par des termes chimiques uniquement parce que nous sommes mieux en mesure de mesurer de faibles concentrations de produits chimiques que les effets biologiques qu'ils peuvent causer. Autrement dit, la chimie analytique est plus avancée que la toxicologie.

Mais la situation évolue. Au cours des quelque 20 dernières années, nous avons mis au point des méthodes très sensibles pour détecter des changements biologiques subtils chez les organismes touchés par les polluants; cette approche est maintenant connue sous le nom de «surveillance des effets biologiques». Dans le présent article, je décrirai certaines de ces approches ainsi que certains résultats de leur application.

D'une certaine façon, nous avons recours depuis longtemps à la surveillance des effets biologiques. La létalité, par exemple, permet d'estimer la qualité globale des effluents industriels; par exemple, si un effluent fait mourir le poisson ou tout autre organisme testé, alors des règlements peuvent exiger la dilution de ces effluents jusqu'à une concentration non létale. Mais l'effet biologique

mesuré, ici la mort, n'est pas un indicateur utile de la qualité des lacs ou de la haute mer. Nous avons besoin d'une mesure de la qualité environnementale qui puisse détecter des changements bien avant que les organismes commencent à mourir et c'est ce qu'un grand nombre des méthodes plus récentes de surveillance des effets permettent de faire.

On peut considérer que les effets biologiques se produisent à différents niveaux de complexité biologique. Certains sont des effets biochimiques, une enzyme ou une hormone modifiée sous l'effet de la pollution. D'autres effets peuvent se manifester sur l'ensemble d'un organisme, d'une population ou d'une communauté ou en d'autres points d'une organisation biologique continue. En pratique, les réponses les plus utiles et les plus sensibles sont des changements biochimiques, des changements physiologiques dans l'ensemble d'un organisme et des changements structuraux de la communauté benthique. En voici des exemples.

## Mesure des réponses biologiques à la pollution

L'une des meilleures mesures biochimiques des effets de certains contaminants organiques est l'induction du système enzymatique des oxydases à fonction mixte (MFO) dans le foie de poisson. Chez les mammifères, les MFO ont été décrites pour la première fois, il y a à peu près 30 ans par des pharmacologistes qui étudiaient l'action des médicaments et d'autres composés étrangers chez les animaux. Ces chercheurs ont constaté que certains médicaments étaient métabolisés par un système enzymatique induit par l'exposition à ces médicaments. Normalement, ces enzymes étaient assez inactives, mais si les animaux étaient exposés à des médicaments ou à d'autres produits chimiques étrangers, leur activité s'intensifiait beaucoup de manière à dégrader et à excréter le médicament. Une fois que l'organisme était débarrassé du composé, le système revenait à son faible niveau d'activité habituel. Autrement dit, le système MFO, comme on l'appela par la suite, fonctionnait comme une sorte de mécanisme de défense latent pour l'animal.

Les produits chimiques qui induisaient les systèmes MFO étaient souvent des polluants, comme les biphenyles polychlorés (BPC) et les hydrocarbures aromatiques polynucléaires (HAP), si bien qu'on a pensé

qu'en mesurant l'activité du système MFO, on pourrait montrer dans quelle mesure l'animal avait été exposé à ces produits chimiques. Depuis 20 ans, nous nous sommes efforcés de caractériser les systèmes MFO du poisson pour définir quels sont les produits chimiques qui les induisent, comment le mécanisme d'induction varie en fonction de l'exposition et de la dose et quelle est l'influence des facteurs naturels comme l'âge du poisson, son sexe et son stade de reproduction. Nous avons ainsi «étalonné» la réponse des MFO chez quelques espèces de poisson et nous pouvons maintenant utiliser les mesures des MFO comme indicateur des effets sublétaux de certains contaminants marins.

Une étude réalisée dans le port de Sydney, en Nouvelle-Écosse, montre quel type d'information on peut obtenir à partir des mesures des MFO. Cet endroit est contaminé depuis quelque 90 ans par les rejets de HAP résultant de l'exploitation du coke par la Sydney Steel Corp. (SYSCO). Sur la figure 1, on a délimité la contamination par les HAP dans les sédiments du port de Sydney : il existe clairement un gradient de concentration des HAP (différence d'un facteur de plus de mille) des endroits situés à proximité de l'aciérie Sysco à l'entrée du port. Malgré la pollution,

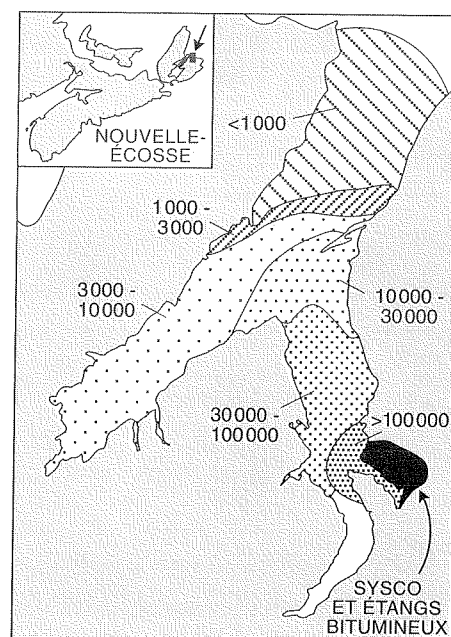


Figure 1. Concentrations (parties par million) des hydrocarbures aromatiques polynucléaires (HAP) dans les sédiments du port de Sydney.

on trouve dans le port une population variée de poissons et d'autres organismes marins.

En 1989 et 1990, nous avons mesuré l'activité des MFO chez la plie rouge à divers endroits dans le port et dans la baie Georges, un point de référence choisi en raison de l'absence de source visible de contamination (nous avons choisi la plie rouge parce qu'elle ne migre pas très loin et qu'elle est donc habituellement assez représentative de son environnement; en outre, elle s'enfouit dans les sédiments, ce qui maximise son exposition aux polluants fixés aux sédiments).

La figure 2 représente l'activité de deux enzymes du système MFO chez ce poisson : l'éthoxyrésorufine O-déséthylase (EROD) et la cyanoéthoxycoumarine O-déséthylase (CN-ECOD). L'activité de l'EROD et de la CN-ECOD chez le poisson de la baie de Georges était faible, ce qui montre l'absence de pollution à cet endroit. Le poisson du port de Sydney a été échantillonné à des endroits de plus en plus proches de l'aciérie et l'activité des MFO s'intensifiait au fur et à mesure que la contamination par les HAP augmentait dans le port. Pour des raisons techniques, l'activité des MFO et la répartition des HAP n'étaient pas parfaitement corrélées, mais la tendance générale de l'activité des MFO reflète très bien les concentrations de HAP.

Il est intéressant de noter que d'après ces résultats, la contamination par les HAP a un effet subléthal notable. À première vue, le port de Sydney n'est pas malsain puisqu'on y

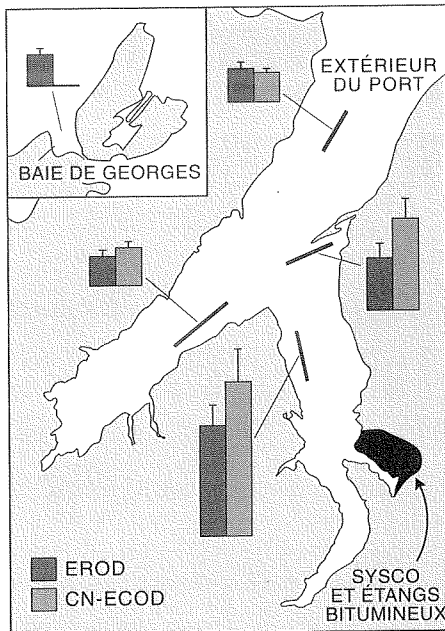


Figure 2. Activité de deux enzymes MFO, EROD et CN-EROD, chez la plie rouge pêchée au chalut à divers endroits du port de Sydney. La hauteur des rectangles représente le degré d'activité de l'enzyme (moyenne + é.t.).

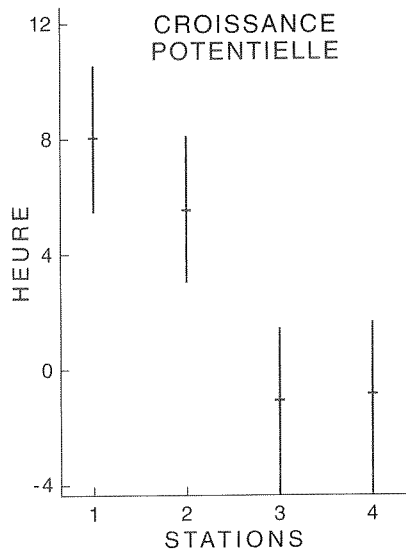


Figure 3. Croissance potentielle (SFG) des moules des stations 1 à 4 à Langesundfjord, en Norvège.

trouve une communauté diversifiée d'organismes marins. Un examen superficiel laissait penser que le poisson était en bonne santé et l'analyse chimique du poisson ne permettait même pas de détecter des résidus de HAP (parce que le système de MFO les avait en partie dégradés). Mais l'activité de l'EROD et de la CN-EROD montrait que l'exposition des poissons au HAP présents dans les sédiments du port de Sydney influait sur leurs fonctions biochimiques normales.

L'exposition à des métaux provoque un changement biochimique plutôt analogue à l'induction des MFO. De nombreux organismes peuvent détoxifier les métaux comme le cadmium en produisant une protéine fixant les métaux appelée métallothionéine (MT). La mesure des concentrations de MT peut être utilisée pour signaler une exposition à des métaux à peu près de la même manière que l'induction des MFO signale une exposition à des contaminants organiques comme les HAP.

### Mesure de la croissance potentielle

Une méthode de surveillance des effets qui s'est révélée très utile à un niveau supérieur de complexité biologique est la mesure de la croissance potentielle («scope for growth» ou SFG) des moules ou des autres bivalves. Le SFG est une mesure de la manière dont les bivalves utilisent leur énergie, que l'on obtient en calculant le nombre de joules (ou calories) ingérés, et de la manière dont l'énergie absorbée est utilisée pour l'entretien et pour la croissance. Le SFG fournit une mesure assez bien intégrée de la qualité de l'environnement où vivent les bivalves. Cet

indice est sensible à des polluants spécifiques comme l'huile ou les métaux, mais aussi à des facteurs généraux comme l'alimentation, la température et la teneur en oxygène de l'eau que l'on doit prendre en compte lors de l'interprétation des mesures du SFG.

La figure 3 montre certaines des mesures du SFG de moules bleues provenant d'un fjord industrialisé de Norvège. Le fjord avait été contaminé par divers produits chimiques, notamment par les HAP, les BPC et les métaux, la concentration la plus élevée de ces derniers ayant été relevée à proximité des usines situées au fond du fjord et les concentrations les plus faibles, à l'embouchure (fig. 4). Aux sites 1 et 2, soit les endroits les moins contaminés, les moules étaient relativement en bonne santé et elles ont en fait accru leur énergie au cours des six heures pendant lesquelles ont été effectuées les mesures du SFG; cette énergie aurait fini par être utilisée pour la croissance ou pour la reproduction. Aux sites 3 et 4, cependant, les moules ont perdu de l'énergie comme le montre le SFG négatif, pendant les mesures. À ces endroits les moules ingéraient et utilisaient l'énergie de manière beaucoup moins efficace qu'aux sites 1 et 2 à cause de la mauvaise qualité de l'habitat.

Ceci pourrait avoir des effets sur la survie à long terme des populations de moules aux

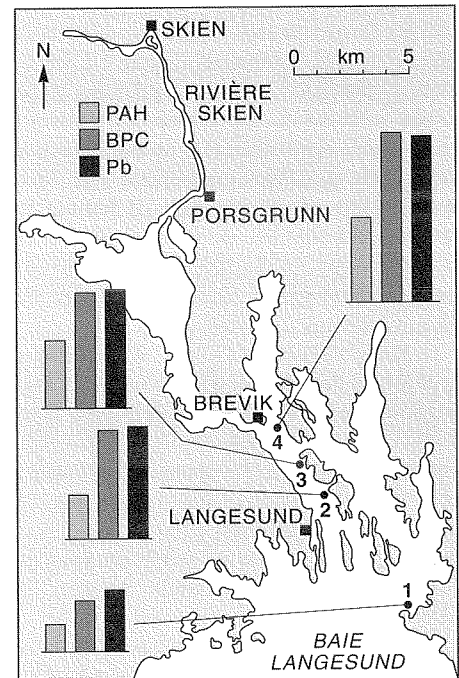


Figure 4. Carte du Langesundfjord, en Norvège, illustrant les concentrations relatives (à différentes échelles) des hydrocarbures aromatiques polynucléaires (HAP), des biphényles polychlorés (BPC) et du plomb (Pb) chez les moules échantillonnées aux stations 1 à 4.

sites 3 et 4 (si les moules perdaient continuellement de l'énergie dans leur habitat naturel, elles finiraient par mourir; cependant, le SFG négatif obtenu au cours de cette expérience reflète probablement les conditions légèrement artificielles, mais uniformisées, dans lesquelles le SFG a été déterminé).

Il faut noter que les mesures du SFG ne permettent pas de déterminer la cause possible d'une détérioration de la qualité de l'environnement (comme dans le cas de l'induction des MFO, l'effet ne permet pas de déterminer la cause). Le SFG réduit des moules des sites 3 et 4 peut résulter des effets combinés de plusieurs contaminants plutôt que des effets d'un contaminant spécifique. Encore une fois, notons que ces mesures du SFG ont révélé un effet sublégal : il y avait des moules aux sites 3 et 4, mais elles vivaient manifestement dans des conditions plus stressantes qu'aux sites 1 et 2.

**Mesure de la santé d'une communauté**

La troisième façon de déceler les effets sublétaux des contaminants consiste à appliquer les méthodes statistiques modernes aux données relatives à l'abondance et à la diversité des espèces. Non seulement les communautés saines comptent un grand nombre d'organismes (qui concordent avec des conditions comme l'approvisionnement en nourriture), mais elles comptent des espèces variées. En comptant le nombre d'espèces présentes et le nombre d'organismes

appartenant à chaque espèce, on peut obtenir un indice de la santé d'une communauté.

En recherche marine, cette méthode a le plus souvent été utilisée avec des communautés benthiques car elles sont relativement stables. Habituellement, les communautés de la méiofaune (les animaux dont la taille varie de 0,1 à 10 mm) et de la macrofaune (les animaux de plus de 10 mm) sont étudiés séparément. Bien que les méthodes modernes fassent appel aux mêmes principes que les indices traditionnels de diversité, elles utilisent des méthodes d'analyse puissantes pour extraire davantage d'information à partir de série de données réduites.

Des études des communautés benthiques dans le port de Hamilton, aux Bermudes, illustrent l'intérêt de ces méthodes. Ce port n'est pas industrialisé, mais il reçoit certaines eaux de ruissellement urbaines de la ville de Hamilton et il présente donc des concentrations légèrement élevées de plomb (provenant probablement de l'essence) et de HAP. On retrouve également des concentrations assez élevées de tributylétain (TBÉ), un constituant des peintures antisalissure provenant probablement des embarcations de plaisance.

Sur la figure 5, on voit les stations d'échantillonnage du port de Hamilton dont les sites ont été choisis parce qu'ils présentaient à peu près la même profondeur et que les sédiments présentaient à peu près la même

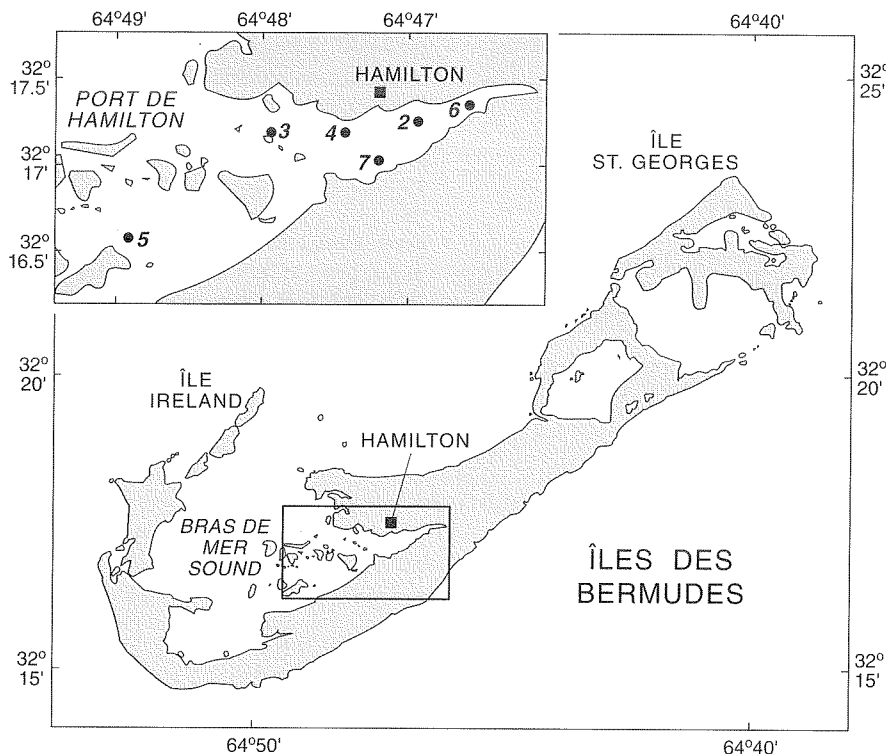


Figure 5. Stations d'échantillonnage numéros 2 à 7 dans le port de Hamilton, aux Bermudes.

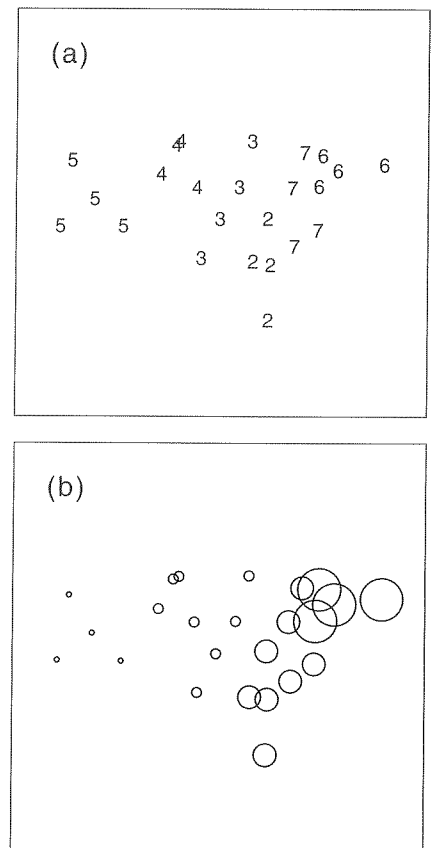


Figure 6. Représentation bidimensionnelle de la mise à l'échelle multidimensionnelle qui montre dans quelle mesure la situation à une station ressemble à la situation à une autre station. a) Abondance de la macrofaune benthique aux stations 2 à 7 dans le port de Hamilton, aux Bermudes (analyses répétées quatre fois à chaque station), b) concentrations de tributylétain (TBÉ) dans la colonne d'eau au-dessus des stations d'échantillonnage 2 à 7. Le diamètre des cercles est proportionnel aux concentrations de TBÉ.

granulométrie, ce qui permet d'éliminer les variables de « nuisance » lorsqu'on compare la structure des communautés.

Sur la figure 6a, on voit une analyse comparative de la structure des communautés macrofauniques à ces endroits effectuée en appliquant une méthode appelée mise à l'échelle multidimensionnelle. Essentiellement, plus les points sont rapprochés sur ce graphique (où chaque chiffre représente un site, les analyses étant répétées quatre fois sur chaque site), plus les sites se ressemblent. La structure des communautés macrofauniques benthiques aux sites 2, 6 et 7 (qui sont tous situés dans la partie intérieure du port) est très différente de celle du site 5 (site le plus éloigné) et, dans une moindre mesure, des sites 3 et 4.

La figure 6b représente les concentrations de tributylétain dans l'eau à ces endroits, les cercles les plus gros correspondant aux concentrations les plus élevées. Il est clair que l'eau recouvrant les sites 2, 6 et 7 présente des concentrations élevées de tributylétain, mais cela ne permet pas de conclure qu'il existe une relation de cause à effet entre les concentrations de tributylétain et des changements dans la communauté benthique. Néanmoins, ces données mettent en évidence le grand pouvoir de résolution de ces méthodes, même lorsqu'il s'agit de comparer des échantillons très analogues.

### Conclusion

Les techniques modernes de surveillance des effets du type décrit ici peuvent beaucoup faciliter la compréhension des effets subtils et sublétaux de la pollution. Chacune des méthodes que j'ai décrites présente à la fois des points forts et des faiblesses. Les méthodes biochimiques, par exemple, sont spécifiques et sensibles, mais difficiles à interpréter à l'échelle de la population ou de la communauté. Par exemple, comment l'induction des MFO influe-t-elle sur la population de plie rouge ? À l'autre extrémité de l'échelle, les changements dans la communauté macrofaunique benthique, comme ceux que l'on observe dans le port de Hamilton, montrent qu'un effet, même s'il est sublétal, a déjà été perçu, peut-être en réponse au tributylétain. Cette information est utile, peut-être en cas de litige ou dans la réglementation ultérieure, mais elle ne permet pas de résoudre ni de prévenir le problème qui a été décelé.

Ces points sont présentés de manière plus générale dans la figure 7 qui montre que les réponses sont liées à la complexité biologique : la sensibilité et la spécificité diminuent au fur et à mesure que la complexité augmente, tout comme l'opportunité des mesures (soit la capacité de ces mesures de fournir un avertissement précoce de la nécessité d'une

intervention). Par ailleurs, l'applicabilité au monde réel augmente. Le choix de la méthode de surveillance des effets dépend donc beaucoup du problème à résoudre : pour surveiller l'effet possible d'un contaminant spécifique, la mesure des réponses biologiques est probablement le meilleur choix, mais le meilleur moyen d'effectuer une évaluation rétrospective de l'effet du rejet d'eaux d'égout consiste probablement à analyser la structure de la communauté benthique.

Pour terminer, disons un mot du mécanisme de ces réponses. Les mesures biochimiques constituent de bons indicateurs de l'effet sublétal de la pollution parce que nous comprenons très bien le mécanisme suivant lequel la présence d'un produit chimique dans l'environnement suscite une réponse biochimique. Cependant, nous ne comprenons pas aussi bien ces relations dans le cas de réponses plus complexes; nous ne pouvons donc pas expliquer en détail pourquoi le SFG est réduit chez les moules exposées à un mélange de déchets industriels. Toutefois, dans le cas où plusieurs techniques de surveillance des effets ont été appliquées ensemble, les réponses étaient bien corrélées. Ainsi, dans le port de Hamilton, aux

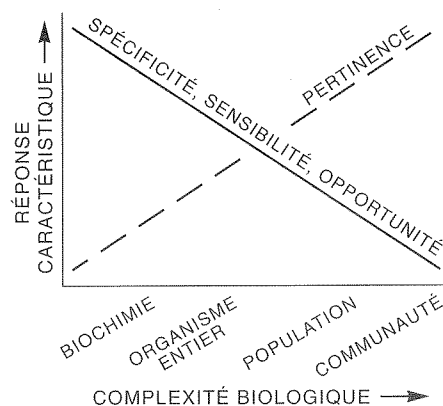


Figure 7. Sensibilité, spécificité et opportunité des techniques de surveillance des effets biologiques par rapport à la complexité biologique.

Bermudes, les endroits où les effets de la contamination se manifestaient par des réponses biochimiques et les endroits où la pollution se manifestait par des variations du SFG et de la communauté étaient les mêmes.

Même si on ne peut expliquer les liens entre les réponses aux différents niveaux organisationnels, le fait qu'il existe une corrélation peut avoir une certaine valeur prévisionnelle. Autrement dit, si l'on décèle l'induction de la métallothionéine chez le poisson dans des eaux qui commencent à être contaminées, disons par un nouvel effluent industriel, on peut être raisonnablement certain du fait que l'on obtiendra des réponses plus marquées à l'avenir.

Quel est donc l'avenir de la surveillance des effets ? Certaines de ces techniques, particulièrement celle qui consiste à déceler l'induction des MFO chez le poisson, sont déjà utilisées pour les évaluations environnementales. Par exemple, depuis deux ans, le plan maître de surveillance du groupe de travail sur la mer du Nord (qui vise à surveiller l'état global de l'environnement de la mer du Nord) prévoit des mesures de l'EROD pour compléter d'autres mesures. Les résultats de tels programmes nous permettront d'évaluer ces méthodes de surveillance des effets.

En dernier lieu, je voudrais quand même souligner que personne n'envisage encore de remplacer la chimie analytique par la surveillance des effets biologiques pour ce qui est de l'évaluation de la contamination. Au contraire, on voit plutôt la mesure des effets biologiques comme un complément des mesures chimiques, comme une source d'information essentielle qui facilite l'interprétation des données chimiques.

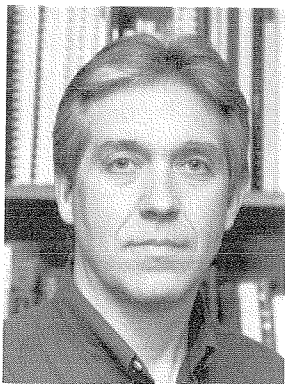
### Lectures recommandées

- Addison, R. F., and K. R. Clarke (eds.). 1990. Biological effects of pollutants in a subtropical environment. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 138:1-2.
- Bayne, B. L., K. R. Clarke, and J. S. Gray (eds.). 1988. Biological effects of pollutants. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 46:1-3.



# Métabolisme énergétique des populations de phoques de la plate-forme néo-écossaise

W. D. Bowen



W. D. Bowen

Dans de nombreuses régions du monde, on pense que l'interaction entre les populations de mammifères marins et les pêches est souvent néfaste pour les activités de pêche commerciale (Beddington, Beverton et Lavigne, 1985). La question fondamentale est assez simple : est-ce que les mammifères marins réduisent les prises des pêcheurs ? Inversement, est-ce que les pratiques de pêche actuelles ont un effet négatif sur le rétablissement d'une population de mammifères marins en danger ou menacée de disparition ?

Il est probable que, sur la plate-forme néo-écossaise, l'interaction des phoques gris (*Halichoerus grypus*) et des phoques communs (*Phoca vitulina*) avec les pêches commerciales se manifeste de quatre façons : les phoques nuisent au fonctionnement des engins ou endommagent les poissons capturés par les engins de pêche; ils transmettent le ver de phoque (*Pseudoterranova decipiens*) aux poissons de stocks commerciaux; ils consomment directement des espèces commerciales; enfin, ils modifient indirectement la productivité d'espèces commerciales en s'appropriant leur nourriture.

Pour évaluer ces interactions, il est essentiel de posséder les données suivantes : le nombre de phoques dans chaque classe d'âge, leur répartition dans différentes parties de leur aire de répartition à différentes périodes de l'année, les espèces de proies et le poids de la nourriture qu'ils consomment, la variation des types de proies à différents moments de l'année, et les besoins énergétiques annuels de chaque phoque pour des âges différents. Finalement, il nous faut des renseignements

sur la répartition saisonnière, l'abondance et la teneur énergétique des espèces consommées par les phoques et l'importance de la mortalité causée par les phoques par rapport aux autres causes de mortalité, comme les poissons prédateurs, les oiseaux de mer, les baleines, l'homme et les effets des conditions océaniques défavorables. Compte tenu de la nature de la liste ci-dessus, il est évident que les interactions entre les phoques et les pêches seront complexes. Dans le présent article, je présente les résultats d'études récentes sur les besoins énergétiques des phoques et la nourriture consommée pour satisfaire ces besoins.

Des scientifiques de la Division des poissons marins de l'Institut océanographique de Bedford (Pêches et Océans Canada) étudient depuis plus de quinze ans la répartition et l'abondance du phoque gris et du phoque commun. Les principales colonies des deux espèces se trouvent sur l'île de Sable, bien que l'on observe plusieurs petites colonies de reproduction sur des îles le long des côtes de la Nouvelle-Écosse. Au Canada, près de la moitié de tous les rejets de phoque gris naissent sur l'île de Sable (Stobo et Zwanenburg, 1990), et depuis le début des années 1960, les naissances sur l'île augmentent au taux composé de près de 13 % par année (Zwanenburg et Bowen, 1990). En 1990, on a enregistré un peu plus de 10 600 naissances. En ce qui concerne le phoque commun, par suite d'efforts d'étiquetage de tous les jeunes, nous savons que la population de l'île de Sable a également augmenté, mais à un rythme de 3 à 5 % par année depuis le milieu des années 1970 (Stobo, données inédites). En 1991, le nombre de nouveau-nés chez le phoque commun a été de 591.

Les études visant à surveiller les tendances de l'effectif se poursuivent, mais depuis 1988 on intensifie les efforts en vue de mieux connaître le régime alimentaire et les besoins énergétiques des deux espèces. Toutefois, il est difficile, pour diverses raisons, d'établir la composition du régime alimentaire des phoques et la quantité de nourriture qu'ils mangent. Premièrement, les phoques cherchent leur nourriture en mer et sont souvent très dispersés dans les zones côtières et les bancs du large (Stobo, Beck et Horne, 1990). Comme il est impossible, en général, d'observer directement les phoques lorsqu'ils

s'alimentent, les données sur leur régime alimentaire découlent habituellement de l'analyse du contenu stomacal des phoques capturés sur les échoueries. Deuxièmement, comme les aliments sont digérés rapidement chez les phoques gris (en 6 heures environ), la plupart des estomacs sont vides lorsqu'ils sont prélevés, et les restes contenus dans certains représentent probablement la nourriture prise près de la côte. Il est probable que la nourriture mangée dans les zones pélagiques n'est pas représentée dans ces échantillons. Troisièmement, parce que la chasse au phoque est plus difficile à certaines périodes de l'année, nous ne possédons pas encore de données sur des périodes importantes pour toutes les zones d'étude.

Entre septembre 1988 et décembre 1990, des chasseurs habitant des villages de la côte est de la Nouvelle-Écosse et de l'île Grand Manan, engagés à contrat, ont prélevé les estomacs de phoques gris et de phoques communs pour compléter les échantillons recueillis à l'île de Sable par des scientifiques de la Division des poissons marins. Pour évaluer le type de proies consommées et leur poids, on a récupéré des parties dures, comme les otolithes des poissons, en faisant passer le contenu stomacal à travers une série de tamis de faible maillage et de bains d'eau. Les parties dures ainsi récupérées ont été utilisées non seulement pour identifier le type de proie, mais aussi pour établir la taille des proies en fonction, par exemple, du rapport entre la dimension des otolithes et la longueur du poisson, et entre la longueur du poisson et son poids.

Depuis l'automne 1988, on a analysé environ 530 estomacs de phoque gris. Toutefois, seulement 143 (27 %) contenaient des restes de nourriture. À partir de ces données restreintes, il semble que le phoque gris se nourrit principalement de poissons juvéniles, mesurant de 15 à 40 cm de longueur environ selon les espèces consommées (fig. 1). La nourriture des phoques gris qui passent l'été au voisinage de l'île d'Anticosti se composait aussi surtout de jeunes poissons, les longueurs moyennes de cinq espèces variant de 14 à 28 cm (Benoit et Bowen, 1990). Donc, à quelques exceptions près (par exemple, les harengs et les merlus argentés reproducteurs), il semble que les poissons consommés par les phoques gris sont des prérecrues des pêches

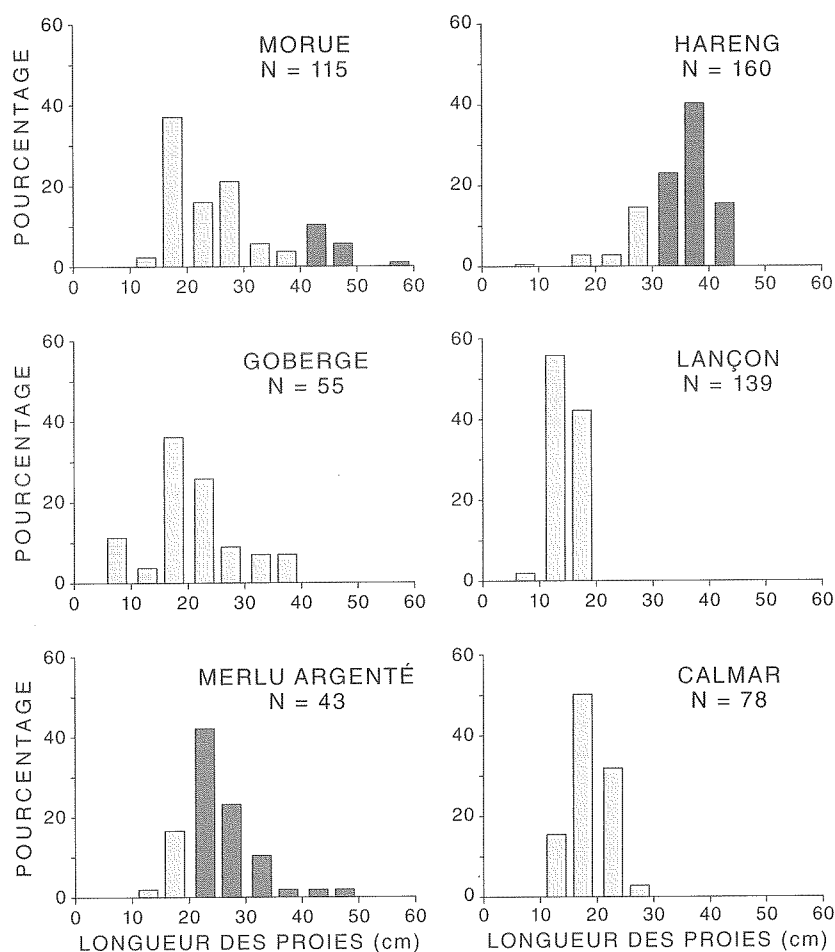


Figure 1. Estimation de la longueur de six espèces de proies consommées par des phoques gris de la plate-forme Scotian. Les barres hachurées claires correspondent aux longueurs de poissons qui ne sont pas normalement retenus par les engins de pêche commerciale, tandis que les barres hachurées en foncé correspondent à des proies de taille commerciale. N est le nombre d'otolithes non érodés mesurés.

commerciales (fig. 1).

Nos études révèlent aussi que l'estimation du poids frais de la nourriture consommée par des phoques gris dans une région ou au cours d'une saison repose presque en totalité sur un nombre assez faible d'espèces, en général 3 à 5. Par exemple, seulement 4 espèces représentaient environ 90 % de la masse de cette nourriture échantillonnée à l'île de Sable en 1989. Il s'agissait de jeune morue, 26,5 %; de merlu argenté, 23 %; de calmar, 22 % et de lançon, 19 %. De la même façon, le hareng (66 % par poids) et la jeune morue (18 % par poids) étaient la principale nourriture de phoques gris capturés sur le littoral le long de la côte est de la Nouvelle-Écosse, à l'automne 1989.

Un petit nombre d'espèces représente la plus grande partie du poids de la nourriture consommée, comme le montrent les données provenant de la plate-forme Scotian; pourtant, la composition du régime alimentaire des

phoques gris présente une importante variation saisonnière, géographique et interannuelle. Les phoques capturés sur l'île de Sable en 1989, qui s'étaient sans doute nourris dans la zone pélagique, consommaient surtout du lançon (56 % par poids) et de la jeune morue (36 %) en hiver, mais du merlu argenté (41 %), du calmar (25 %) et de la morue juvénile (21 %) en été. Les échantillons prélevés sur le littoral de la côte est de la Nouvelle-Écosse à la fin de l'été étaient composés surtout de hareng (66 %) et de morue juvénile (18 %), tandis que le maquereau (47 %), le hareng (9 %), la morue juvénile (14 %) et le calmar (13 %) étaient des proies plus abondantes en hiver.

Ces résultats montrent la variation considérable de l'importance relative des espèces consommées par les phoques gris. Nous commençons à mesurer l'ampleur de cette variation; cependant, nous ne possédons pas suffisamment de données pour en expliquer les causes, et donc prévoir l'évolution

du régime alimentaire. Toutefois, les proies étant en général de jeunes poissons, les variations de l'effectif de la classe d'âge peuvent avoir des effets prononcés sur la composition spécifique du régime alimentaire. Outre ce facteur, il est probable que nos connaissances actuelles sur l'alimentation des phoques sont aussi affligées d'un certain nombre de biais (Benoit et Bowen, 1990).

Il est nécessaire de savoir ce que mangent les phoques, mais ces informations ne suffisent pas pour évaluer les interactions entre les phoques et les pêches. Il nous faut aussi connaître la quantité de nourriture consommée par les populations de phoques pour évaluer le métabolisme énergétique des populations, c'est-à-dire la façon dont les populations satisfont leurs besoins énergétiques. En théorie, on peut établir ces besoins en évaluant le repas moyen d'un pinnipède de taille moyenne à partir, par exemple, du contenu stomacal, et en multipliant cette valeur par le nombre de repas par jour, la teneur énergétique du repas et le nombre total de phoques. Toutefois, en pratique, cette approche est d'application difficile, comme on l'a déjà souligné. Une autre approche a été d'estimer la quantité de nourriture requise pour maintenir chez les pinnipèdes en captivité, un poids relativement constant, ou d'estimer le métabolisme basal au repos des phoques en captivité. En général, ces estimations sont ensuite multipliées par un facteur de deux ou de trois pour tenir compte des besoins énergétiques plus grands des phoques sauvages.

Comme les données provenant d'animaux en captivité peuvent ne pas être fiables lorsqu'on les extrapole aux animaux sauvages, nous avons entrepris des études sur le comportement alimentaire, la ration alimentaire et les besoins énergétiques des pinnipèdes dans leur milieu naturel. Ces études sont maintenant possibles grâce aux progrès réalisés en électronique et en informatique qui ont conduit au développement d'enregistreurs temps-profondeur, et à une amélioration de la mesure de faibles concentrations d'isotopes stables de l'eau et de l'oxygène. Les enregistreurs temps-profondeur sont des microordinateurs capables de mesurer et d'enregistrer des données sur la profondeur à des intervalles échelonnés sur plusieurs semaines ou mois. Ces unités, déployées sur le dos des phoques (fig. 2), peuvent enregistrer des données détaillées sur la proportion de temps que les animaux passent en mer, la fréquence et la profondeur de leurs plongées, et peuvent donc mesurer leur activité générale et leur comportement de chasse.

Des isotopes stables (c'est-à-dire non

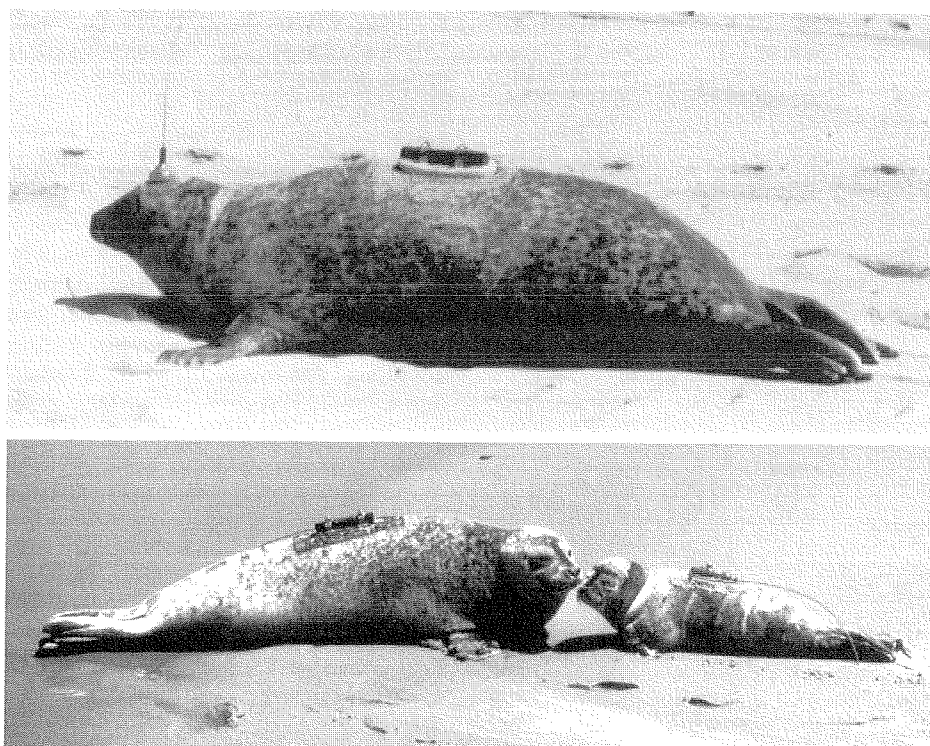


Figure 2. Deux phoques communs femelles adultes sur lesquelles on a fixé un enregistreur temps-profondeur (microordinateur). Le jeune phoque de l'illustration inférieure porte un émetteur radio.

radioactifs) de l'eau et de l'oxygène sont utilisés pour étudier le métabolisme énergétique des animaux depuis plusieurs décennies (Nagy, 1989). Toutefois, jusque tout récemment, leur utilisation chez les phoques et d'autres gros mammifères marins était limitée par le coût élevé de l'oxygène fortement enrichi en isotope 18. Les récents perfectionnements des spectromètres de masse mesurant le rapport isotopique, qui sont 50 à 100 fois plus exacts et précis, ont permis l'emploi d'oxygène faiblement enrichi en isotope 18; le coût a été réduit à un tel point que des isotopes peuvent maintenant être utilisés pour étudier les phoques gris et les phoques communs.

Depuis trois ans, nous étudions le comportement de plongée (c'est-à-dire pour la recherche de nourriture), la ration alimentaire et le métabolisme des phoques communs femelles adultes pendant la saison de reproduction sur l'île de Sable. Nous avons choisi ces bêtes pour plusieurs raisons. Premièrement, il est facile de les capturer et de les recapturer à intervalles fréquents, ce qui nous permet de vérifier les méthodes de fixation des enregistreurs temps-profondeur et d'établir la dose d'isotopes qui convient pour différents types d'études. Deuxièmement, le coût de réalisation d'études isotopiques sur les phoques communs est considérablement réduit

parce qu'ils sont plus petits que les phoques gris. Troisièmement, nous avons déjà huit femelles adultes de cette espèce, provenant de l'île de Sable, en captivité à l'Université Dalhousie, et ces animaux pouvaient être utilisés pour valider des méthodes que nous prévoyions utiliser sur des phoques sauvages.

En 1989 et 1990, avec des collègues de l'institut Smithsonian de Washington (D.C.), nous avons déployé des enregistreurs temps-profondeur sur 24 femelles adultes, peu après

la mise bas et pour une période maximale de 60 jours. Un profil caractéristique de comportement de plongée est illustré à la figure 3. Ces études montrent que la femelle passe presque toute la première semaine après la naissance avec son rejeton, sur la terre ou dans l'eau. Les femelles plongent peu pendant cette période, et elles doivent donc satisfaire leurs propres besoins métaboliques et les besoins de leur petit à partir de l'énergie emmagasinée avant la mise bas. Toutefois, environ dix jours après la naissance, les femelles commencent à entreprendre des expéditions de plusieurs heures à la recherche de nourriture, comme le montrent les nombreuses plongées à 20 m ou plus. À la fin de la période d'allaitement, les excursions de chasse, pendant lesquelles les animaux vont à la recherche de leur nourriture, durent en moyenne 13 heures, et les femelles descendent souvent à des profondeurs de 60 m. Pendant ces chasses, chaque plongée dure environ 2 minutes en moyenne, avec 60 % environ du temps sur le fond marin. Donc, pour la première fois, nous pouvons déterminer comment ces mammifères marins se comportent dans des conditions normales en mer. Nous avons maintenant suffisamment d'expérience avec cette technique pour effectuer dès 1992 des études sur le comportement de plongée des phoques gris.

Afin d'évaluer la quantité de nourriture consommée pendant ces épisodes de plongée, nous avons administré à un sous-ensemble de ce groupe de phoques communs adultes une quantité connue d'oxyde de deutérium ( $D_2O$ ), isotope stable de l'eau, lors de la première capture des animaux. Environ trois heures plus tard, la concentration de  $D_2O$  dans les liquides organiques du phoque atteint un équilibre et cet isotope peut être dosé dans un échantillon de sang. Pourvu que certaines

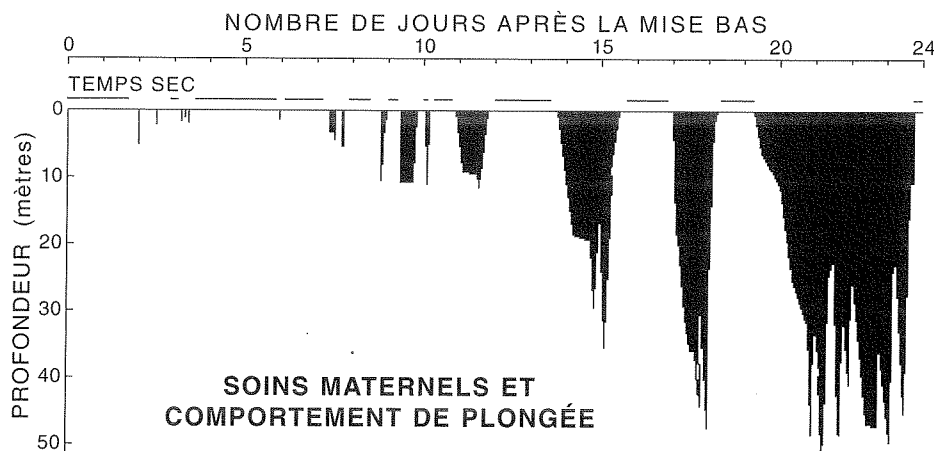


Figure 3. Diagramme représentant le type de données recueillies par les enregistreurs temps-profondeur. L'instrument enregistre la profondeur toutes les 7 secondes; cependant, les données ont été réunies en blocs de 4 heures pour en faciliter la présentation.

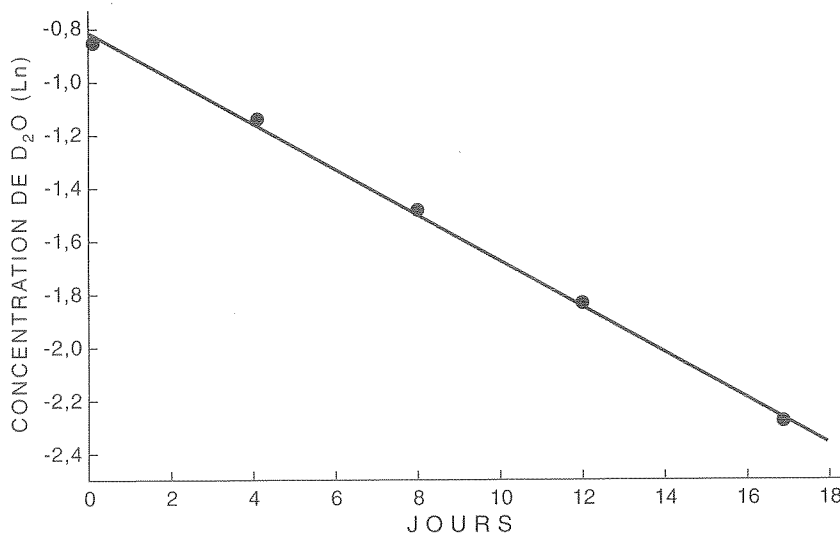


Figure 4. Tracé caractéristique du logarithme naturel (Ln) de la concentration de D<sub>2</sub>O en fonction du temps. La pente de la ligne est une estimation de la vitesse de renouvellement de l'eau. Cette vitesse, ainsi que d'autres données, peut être utilisée pour établir la quantité de nourriture consommée.

hypothèses soient satisfaites, on peut utiliser un tracé du logarithme naturel de la concentration de D<sub>2</sub>O en fonction du temps pour évaluer la vitesse de renouvellement des liquides organiques (fig. 4) et donc la vitesse des entrées d'eau. Comme les phoques ne boivent généralement pas d'eau, la concentration de l'isotope ne sera diluée que par l'eau contenue dans les aliments et produite par le métabolisme. Si la teneur en eau, en matières grasses et en protéines de la nourriture est connue, on peut alors évaluer la quantité de nourriture absorbée lorsque la vitesse de dilution de l'isotope est connue (fig. 5).

Dernièrement, nous avons effectué des expériences d'alimentation sur des phoques communs en captivité, à l'Université Dalhousie, pour vérifier cette approche. Chacune des 7 femelles a reçu manuellement une quantité connue de harengs tous les jours pendant 3 semaines, ainsi que du D<sub>2</sub>O au début de l'expérience. De cette façon, l'apport estimé de nourriture à partir de la dilution de l'isotope peut être comparé à une quantité connue de nourriture absorbée par chaque femelle.

La figure 6 illustre les résultats d'une de ces expériences. Dans tous les cas, l'estimation de la nourriture consommée établie par dosage de l'isotope était supérieure à l'apport connu, mais la surestimation moyenne n'était que de 12 % environ. Ces résultats révèlent qu'il est possible, grâce à cette méthode, d'obtenir des estimations raisonnables de la quantité de nourriture consommée par des phoques en liberté. La

nourriture consommée par des femelles sauvages peut être calculée à partir de la différence entre la vitesse de renouvellement des liquides organiques en période de jeûne et la vitesse observée plus tard pendant la période d'allaitement (fig. 5).

Dans le cadre de notre objectif à long terme qui est d'établir les besoins en énergie des phoques, nous avons également réalisé des études sur la production de lait chez des

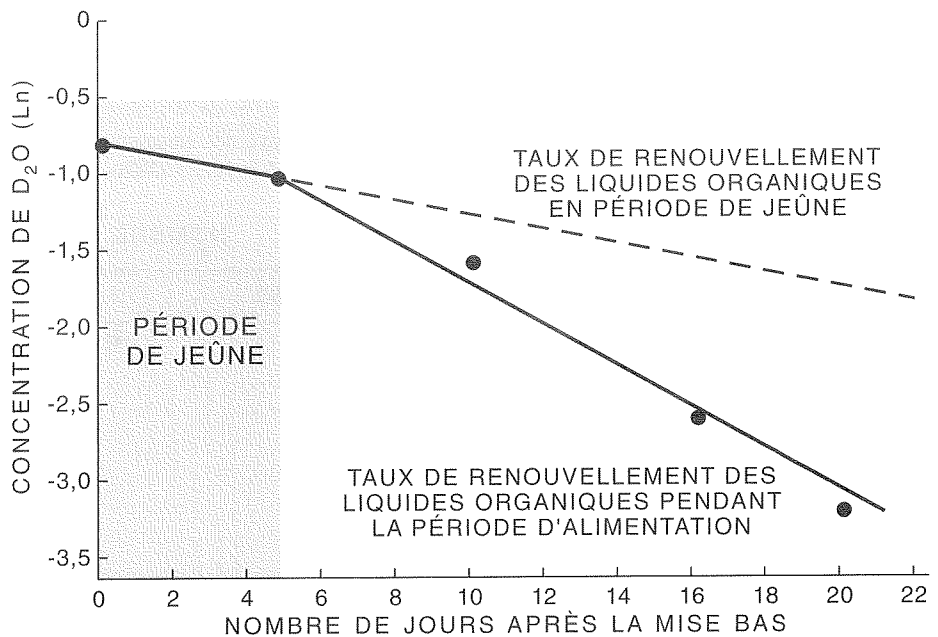


Figure 5. Tracé du logarithme de la concentration de D<sub>2</sub>O en fonction du temps pendant une période de jeûne (zone pointillée) et pendant une période d'alimentation chez un phoque commun femelle adulte en liberté de l'île de Sable. La différence entre ces deux pentes peut être utilisée pour estimer la quantité de nourriture consommée.

phoques gris et des phoques communs femelles. La période d'allaitement est la période de l'année la plus exigeante sur le plan énergétique, pour tous les mammifères femelles, la production de lait étant la plus forte dépense énergétique. Peu après la naissance, les phoques gris femelles de l'île de Sable pèsent en moyenne 226 kg. Pendant la période d'allaitement de 16 jours, pendant laquelle elles jeûnent, leur masse corporelle diminue de 47 % environ pour répondre à leurs besoins métaboliques et à ceux de leur nouveau-né, qui est en période de croissance rapide. À l'aide de méthodes de dilution des isotopes, nous avons établi que, chaque jour, les phoques gris femelles produisent une moyenne de 4 kg de lait contenant en moyenne 60 % de matières grasses. Donc, les rejetons de cette espèce consomment 22 000 kilocalories par jour, l'équivalent de plus de 9 litres de crème à fouetter, ou 10 à 15 fois l'énergie qu'une personne tire normalement des aliments chaque jour. De cette quantité, les petits emmagasinent 15 400 kilocalories, soit 2,8 kg.

Il est bien connu que les phoques adultes ont un appétit vorace; pourtant, des analyses critiques de recherches antérieures portent à croire que les exigences métaboliques des phoques gris et des phoques communs correspondent à peu près aux valeurs qui seraient prévues dans le cas de mammifères terrestres de poids corporel similaire (par exemple, Lavigne *et al.*, 1986). En fait, des études récentes menées par des scientifiques

britanniques montrent que, en plongée, le rythme cardiaque des phoques gris chute énormément (à seulement quelques battements par minute), de telle sorte que le métabolisme général de ces phoques en plongée est à peine plus élevé que celui d'un animal au repos. De plus, nous savons maintenant que des phoques passent en plongée jusqu'à 80 % de leur temps en mer, comme le montrent nos études sur le comportement de plongée des phoques aussi bien que des études britanniques sur les phoques gris et les phoques communs et des études sur plusieurs autres espèces. Les besoins métaboliques généraux des phoques peuvent donc être beaucoup plus faibles que ce qu'on pensait auparavant.

Compte tenu des incertitudes qui minent actuellement nos connaissances fondamentales du régime alimentaire et des besoins énergétiques des phoques, nous ne pouvons faire que des estimations grossières de la quantité de nourriture consommée par des populations de phoques fréquentant la plate-forme Scotian. Si le métabolisme est aussi faible que le laissent entendre les travaux récents, il est possible que les estimations actuelles des besoins alimentaires, fondées sur le rapport allométrique de Kleiber entre le métabolisme et la masse corporelle, soient trop élevées. De plus, la nourriture consommée dépendra aussi de la

qualité des aliments absorbés. Par exemple, si des phoques consomment seulement des proies maigres, comme de la morue ou des calmars, dont la teneur énergétique moyenne est de 1 kilocalorie par gramme de poids humide, ils devront alors consommer environ 2,5 fois plus d'aliments que si leur régime se composait de harengs à teneur élevée en matières grasses. Cette comparaison illustre la plage de résultats que peuvent donner différentes hypothèses sur la teneur en énergie des proies consommées, même si aucun de ces régimes n'est vraiment suivi parce que les phoques consomment un mélange varié de proies grasses et de proies maigres.

Les études que nous avons effectuées depuis deux ou trois ans montrent que le régime alimentaire des phoques varie selon l'endroit et la saison, et presque certainement en fonction du temps étant donné que la disponibilité des proies varie. Ces observations portent à croire qu'il faudra des programmes de recherche à long terme si nous voulons prévoir de manière fiable le régime alimentaire et la consommation d'aliments par les phoques, et, finalement, les effets sur les pêches commerciales de la prédation par les phoques. Nous devons poursuivre les études sur le régime et les besoins alimentaires des phoques dans leur milieu naturel. Toutefois,

nous devons aussi repérer l'emplacement des aires d'alimentation et déterminer quelle fraction des populations de phoques utilisent ces différentes aires. Dans le cadre de la présente recherche, une étude prévue pour 1992 portera sur le déploiement de petits émetteurs satellitaires (500 g) sur un grand nombre de phoques gris adultes. Ces appareils transmettront au satellite Argos, des données sur la position et sur la plongée pendant des périodes de 8 à 12 mois. Nous espérons ainsi accroître considérablement nos connaissances sur l'écologie de l'alimentation des phoques et comprendre comment ils interagissent avec les pêches commerciales.

### Bibliographie

- Beddington, J. R., R. J. H. Beverton, and D. M. Lavigne. 1985. Marine mammals and fisheries. George Allen & Unwin, London.
- Benoit, D., and W. D. Bowen. 1990. Summer diet of grey seals (*Halichoerus grypus*) at Anticosti Island, Gulf of St. Lawrence, Canada. In: W. D. Bowen (ed.), Population biology of sealworm (*Pseudoterranova decipiens*) in relation to its intermediate and seal hosts. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 222:227-242.
- Lavigne, D. M., S. Innes, G. A. J. Worthy, K. M. Kovacs, O. J. Schmitz, and J. P. Hickie. 1986. Metabolic rates of seals and whales. Can. J. Zool. 64:279-284.
- Nagy, K. A. 1989. Doubly labeled water studies of vertebrate physiological ecology. In: P. W. Rundel, J. R. Ehleringer, and K. A. Nagy (eds.), Stable isotopes in ecological research. Springer-Verlag:270-287.
- Stobo, W. T., B. Beck, and J. K. Horne. 1990. Seasonal movements of grey seals (*Halichoerus grypus*) in the Northwest Atlantic. In: W. D. Bowen (ed.), Population biology of sealworm (*Pseudoterranova decipiens*) in relation to its intermediate and seal hosts. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 222:199-213.
- Stobo, W. T., and K. C. T. Zwanenburg. 1990. Grey seal (*Halichoerus grypus*) pup production on Sable Island and estimates of recent production in the Northwest Atlantic. In: W. D. Bowen (ed.), Population biology of sealworm (*Pseudoterranova decipiens*) in relation to its intermediate and seal hosts. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 222:171-184.
- Zwanenburg, K. T. C., and W. D. Bowen. 1990. Population trends of the grey seal (*Halichoerus grypus*) in eastern Canada. In: W. D. Bowen (ed.), Population biology of sealworm (*Pseudoterranova decipiens*) in relation to its intermediate and seal hosts. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 222:185-197.

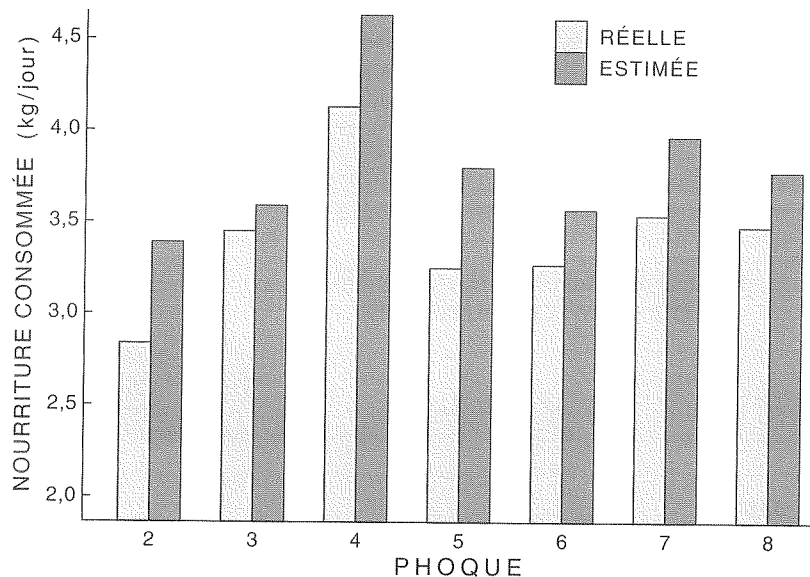
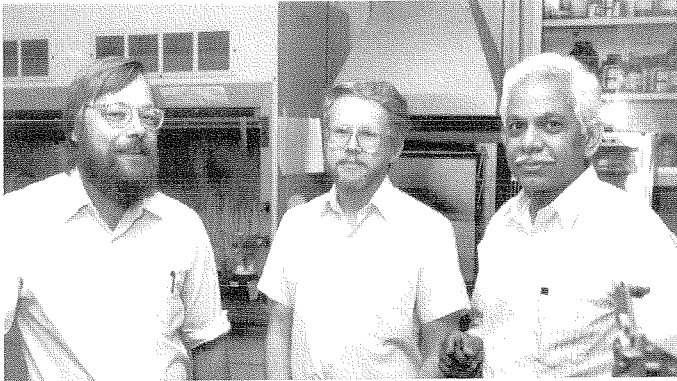


Figure 6. Comparaison des mesures réelles et des estimations calculées à l'aide d'isotopes de la nourriture consommée par sept phoques communs femelles adultes en captivité.

## Projet d'établissement des profils du phytoplancton

G. L. Bugden, D. V. Subba Rao, et P. A. Yeats



G. L. Bugden, P. A. Yeats, et D. V. Subba Rao

L'intoxication par les coquillages est un problème grave sur la côte atlantique du Canada, en particulier dans la baie de Fundy et dans l'estuaire du Saint-Laurent. Ces intoxications sont causées par la consommation de mollusques bivalves, comme des bivalves fouisseurs et des moules, qui ont accumulé des toxines sécrétées par certains dinoflagellés, type de phytoplancton dont se nourrissent les mollusques.

À la fin de 1987, une forme d'intoxication tout à fait particulière a été signalée dans l'est de l'île du Prince-Édouard. Des efflorescences massives atypiques d'une diatomée ubiquiste, *Nitzschia pungens f. multiseriata*, autre type de phytoplancton, étaient à l'origine des empoisonnements. Ces organismes phytoplanctoniques produisent de l'acide domoïque, toxine qui attaque le système nerveux central; cet effet n'avait pas encore été signalé. L'intoxication par l'acide domoïque a provoqué le décès de plusieurs personnes âgées. De plus, cette situation a eu un effet néfaste sur l'industrie de la mariculture dans l'Atlantique canadien car elle a suscité la méfiance des consommateurs.

À ce moment-là, des études détaillées sur la répartition du phytoplancton, notamment de cette diatomée, n'avaient pas été effectuées pour la région atlantique. Le ministère des Pêches et des Océans a donc parrainé un programme de surveillance du phytoplancton sur le littoral; ce programme, réalisé par plusieurs laboratoires, comportait le prélèvement d'échantillons dans l'estuaire du Saint-Laurent, la baie des Chaleurs et le golfe du Saint-Laurent, le long de la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse et dans la baie de Fundy.

Le programme d'échantillonnage le long de la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse,

entrepris par la Direction générale des sciences biologiques de Pêches et Océans Canada à l'Institut océanographique de Bedford, a débuté en octobre 1988. L'approche générale adoptée consistait à déterminer la composition phytoplanctonique dans certains inlets, c'est-à-dire, à indiquer l'abondance, les types et le moment d'apparition des différentes espèces tout au long de l'année pendant une période de trois ans. Avec ces données, on prévoyait qu'il serait possible : 1) de préciser les zones et les périodes favorables ou non à l'élevage des mollusques ou des poissons en fonction de la présence d'espèces productrices de toxines; 2)

d'indiquer les périodes où il faudrait intensifier le dépistage des toxines, en supposant que l'on pourrait établir l'existence d'une succession régulière des espèces; 3) de fournir des données générales pour évaluer si les répartitions phytoplanctoniques observées sont normales, ou si des modifications de la biomasse et de la diversité des espèces peuvent être liées à des phénomènes météorologiques exceptionnels, à des modifications des eaux marines adjacentes ou à des activités humaines.

Une partie importante de ce projet a été consacrée à la détermination des facteurs physiques et chimiques qui peuvent modifier la dynamique du phytoplancton. La mesure de variables comme l'apport de nutriments, la turbidité, la stabilité de la colonne d'eau, la température, la salinité et les échanges avec les eaux du large faisait donc partie intégrante du programme. Les connaissances acquises sur la dynamique physique et chimique des différents estuaires et inlets s'appliqueraient aussi à des sujets comme la capacité aquicole, l'élimination des déchets et les loisirs.

Le long de la côte de la Nouvelle-Écosse, cinq sites ont été choisis en fonction de leurs caractéristiques physiques différentes ainsi que pour leur situation à proximité d'activités d'aquiculture. Il s'agissait de la baie Tor, du

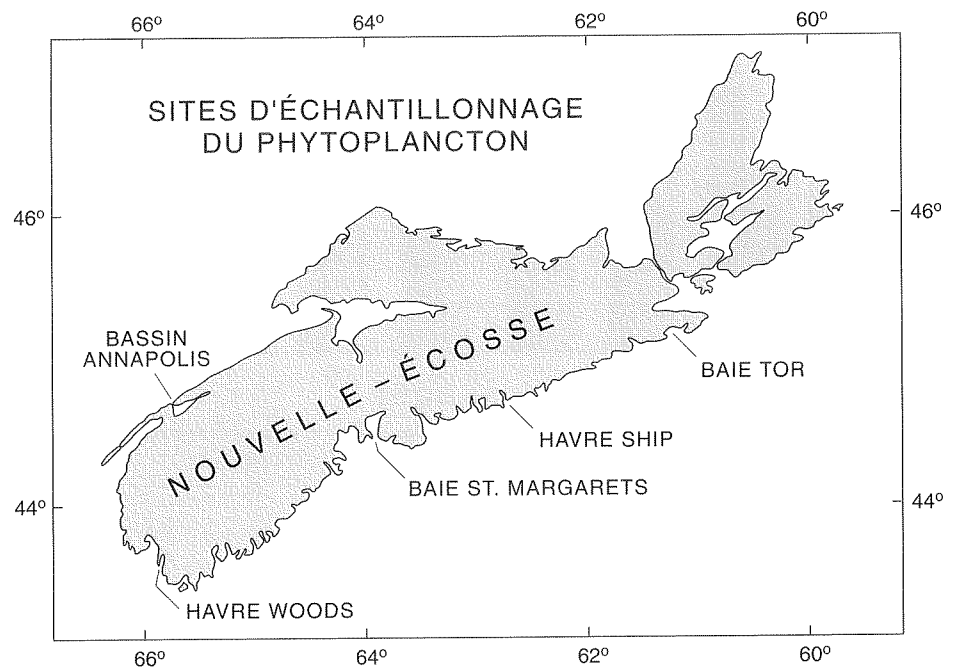


Figure 1. Stations de surveillance du phytoplancton le long de la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse.

havre Ship, de la baie St. Margarets, du havre Woods et du bassin Annapolis (fig. 1). On s'attendait à ce que les différences dans leur environnement physico-chimique, découlant de leurs caractéristiques géographiques différentes, des courants et de l'apport d'eau douce (tableau 1), se reflètent dans les populations de phytoplancton de chaque site.

Le calendrier d'échantillonnage était le suivant : tous les quinze jours d'octobre à décembre et de mars à mai, une fois par mois de janvier à mars, et toutes les semaines de juin à octobre. À certains sites, la présence de glace a posé des problèmes d'échantillonnage pendant les mois d'hiver.

Pour chaque station, on a établi des profils verticaux détaillés de l'intensité lumineuse, de la température, de la salinité et de la fluorescence (indicateur de la quantité de phytoplancton présent) (fig. 2). De plus, on a prélevé des échantillons d'eau à une profondeur de 1 m, à moyenne profondeur, et juste au-dessus du fond, afin d'y mesurer les éléments nutritifs (fig. 3), l'abondance des espèces phytoplanctoniques et la chlorophylle extraite. Pour surveiller les changements dans les inlets pendant des périodes plus courtes que cette fréquence d'échantillonnage, on a mouillé des appareils qui enregistraient la température de l'eau toutes les heures à deux profondeurs, à chaque site.

**Résultats**

**Répartition du phytoplancton :** En général, le cycle annuel du phytoplancton comporte deux pics de biomasse : un pic important au printemps, et un pic de moindre importance à l'automne (fig. 2). Ces pics présentent des différences régionales au niveau de la périodicité et de l'ampleur. Par exemple, en 1989, les principaux pics ont été observés entre mars et avril dans la baie Tor, entre mars et juin au havre Ship et dans la baie St. Margarets, en mars dans le havre Woods, et entre avril et juin à Digby. Des pics moins importants ont été relevés en octobre dans la baie Tor, dans le havre Ship et dans la baie St. Margarets, entre octobre et novembre dans le havre Woods, et à la fin de septembre à Digby. Pendant ces pointes, la majorité du phytoplancton était composée de diatomées. À tous les sites, le phytoplancton était clairsemé pendant l'hiver.

Plus de trois cents types différents de phytoplancton ont été identifiés, et on a étudié la répartition de 120 de ces types qui sont communs dans les eaux de l'Atlantique nord-ouest. Les diatomées, algues microscopiques qui ont besoin spécifiquement de silice pour construire leur squelette, étaient le groupe dominant, représenté par 96 types. Les dinoflagellés étaient représentés par 23 types.

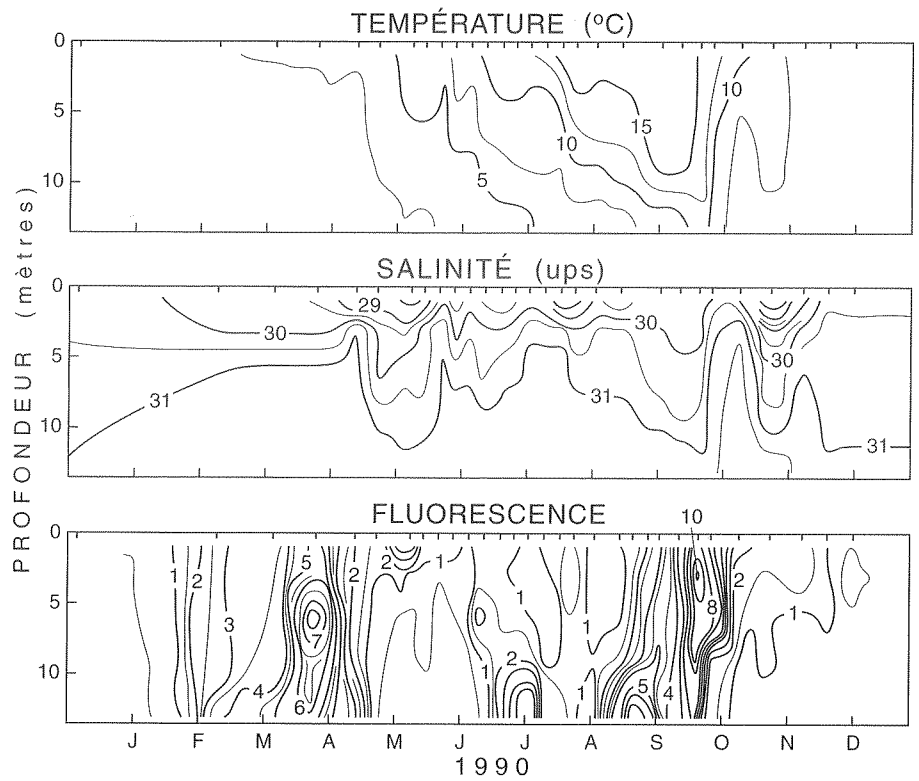


Figure 2. Tracés de contours temps-profondeur de la température, de la salinité et de la fluorescence (mesure de la biomasse phytoplanctonique) au havre Ship, en 1990. Les marques sur la ligne supérieure indiquent le moment où les mesures ont été prises.

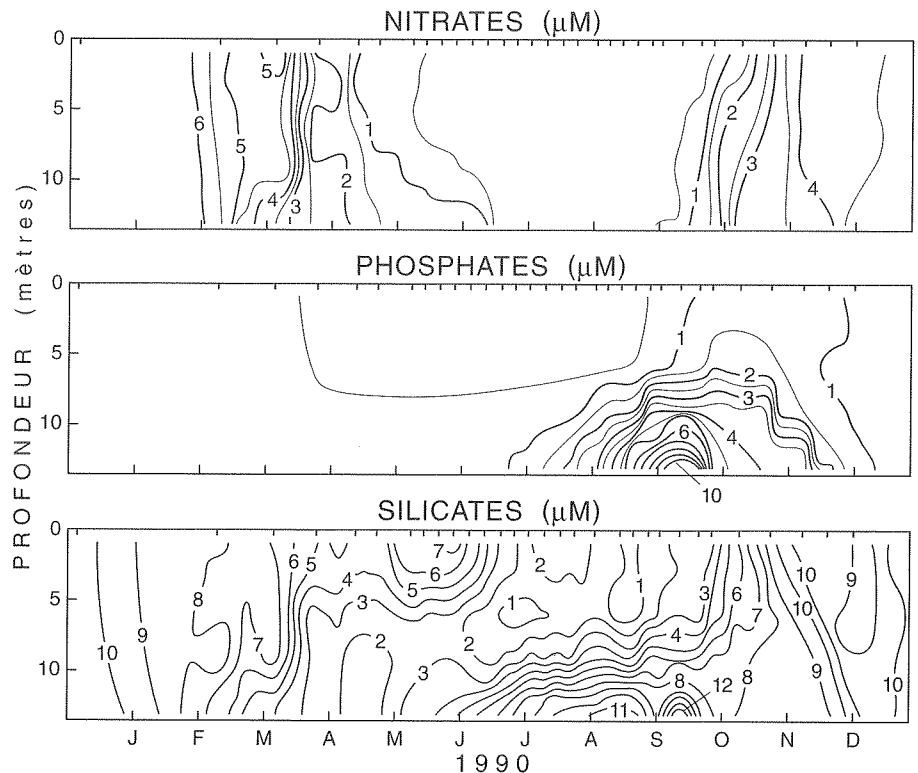


Figure 3. Tracés de contours temps-profondeur des nitrates, des silicates, et des phosphates, éléments nutritifs inorganiques nécessaires à la croissance du phytoplancton, dans le havre Ship en 1990. Les marques de la ligne supérieure indiquent les périodes où les mesures ont été effectuées.

Une variété de microflagellés (inférieurs à 10 microns) abondaient, mais sa fragilité la rendait difficile à identifier.

De nombreux organismes phytoplanctoniques, reconnus toxicogènes ailleurs, ont été observés aux sites d'échantillonnage. Toutefois, aucun d'eux n'atteignait des concentrations suffisamment importantes pour devenir une source de préoccupation. *Nitzschia pungens f. multiseriis*, diatomée responsable des empoisonnements à l'I.P.-É., était présente en petites quantités dans tous les sites d'échantillonnage. Elle atteignait une concentration maximale de 221 x 103 cellules par litre dans le havre Woods et de 66 à 125 x 103 cellules par litre dans d'autres stations. Elle était présente toute l'année dans le havre Woods et presque toute l'année à Digby, avec un accroissement de sa prolifération, en général, de mai à septembre. Sa présence semblait intermittente aux trois autres stations.

*Dinophysis norvegica*, *D. acuta*, *D. acuminata* et *Prorocentrum micans*, espèces qui peuvent être toxicogènes, étaient également présentes en faibles quantités à différents moments et en divers lieux. La présence d'*Alexandrium*, dinoflagellé toxicogène reconnu pour sa récurrence saisonnière dans la baie de Fundy, n'a pas été relevée dans nos échantillons.

Il n'y a pas eu d'efflorescences toxiques monospécifiques d'algues aux cinq stations de surveillance, mais des poussées du dinoflagellé inoffensif *Gonyaulax digitale* et des espèces toxicogènes *Dinophysis norvegica* et *Prorocentrum micans* se sont produites à d'autres emplacements en Nouvelle-Écosse pendant l'étude.

**Milieu physico-chimique :** Les cinq stations choisies pour le projet varient considérablement au niveau de la géographie, du marnage, de l'apport d'eau douce et de l'aquiculture (tableau 1). Par exemple, le rapport entre le volume d'eau maréchal et le volume d'eau indépendant de la marée (non maréchal) le plus élevé a été enregistré dans le havre Woods et le bassin Annapolis, ce qui laisse supposer que les échanges maréchaux sont importants à ces endroits. Le rapport entre l'apport d'eau douce et le volume d'eau non maréchal est relativement important et comparable dans le bassin Annapolis, le havre Ship et la baie Tor, ce qui semble indiquer l'importance potentielle de ce facteur.

La plage annuelle de températures était plus vaste dans la baie Tor, dans le havre Ship et dans la baie St. Margarets, ce qui entraîne la formation de glace en hiver (tableau 1). Les températures estivales dans ces trois inlets étaient également plus élevées que dans le havre Woods et le bassin Annapolis. Il

**Tableau 1**  
**Surveillance du phytoplancton : caractéristiques physiques des inlets**

	Baie Tor*	Havre Ship	Baie St. Margarets	Havre Woods	Bassin Annapolis
<b>Géométrie</b>					
Superficie à marée basse (km)	1,81	19,3	130	21,5	65,1
Profondeur moyenne à marée basse (m)	4,3	8,3	34	5,6	9,6
Profondeur à la station (m)	9	14	12	8	10
Profondeur du seuil (m)	aucun (qqes récifs)	6	aucun	aucun	aucun
<b>Valeur moyenne des marées</b>					
Volume non maréchal (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	7,72	161	4420	121	626
Marnage (m)	1,3	1,4	1,6	2,6	6,8
Rapport entre le volume maréchal et non maréchal	0,29	0,17	0,05	0,50	0,84
<b>Écoulement moyen d'eau douce</b>					
Maximum mensuel (m <sup>3</sup> /s)	2,0 (avril)	34,0 (avril)	67,0 (avril)	2,5 (avril)	103,0 (avril)
Minimum mensuel (m <sup>3</sup> /s)	0,4 (sept.)	7,5 (sept.)	6,0 (août)	0,6 (août)	14,4 (sept.)
Total annuel (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	33,7	578	836	49,2	1 750
Rapport écoulement moyen cycle maréchal – volume non maréchal (x 10 <sup>3</sup> )	6,3	5,2	0,27	0,59	3,96
<b>Facteurs environnementaux</b>					
Source des polluants				usine de transf. poisson	ville, agric.
Aquiculture	moules	moules	moules, saumon, truite	moules	aucune
Épisodes toxiques	aucun	aucun	aucun	DSP	PSP
Glace	épaisse	épaisse	peu, variable	peu	négl.

\*Valeurs pour le bras nord-ouest du havre Whitehaven seulement.

semble donc qu'un échange maréchal plus important avec l'océan influe sur la température tout au long de l'année dans ces deux inlets.

Les observations effectuées dans le havre Ship, en 1990, sont indiquées dans la figure 2, à titre d'exemple des cycles température-salinité observés aux sites de surveillance. En hiver, dans le havre Ship, la température de l'eau subsurface était constamment proche de 0°C. L'écoulement fluvial était relativement élevé, ce qui a produit une couche superficielle d'eau plus douce et plus légère dont la partie supérieure a gelé et formé une couche de glace. Cette dernière s'est rompue et a fondu à la fin de février et au début de mars étant donné que la chaleur à la surface augmentait et l'inlet commençait à se réchauffer. Le réchauffement des couches plus profondes s'est effectué après celui de la surface.

L'écoulement fluvial était plus élevé au printemps, et toute la colonne d'eau s'est progressivement dessalée et réchauffée à mesure que la chaleur et l'eau douce se déplaçaient vers le bas. Le réchauffement et la dessalure se sont poursuivis sans arrêt jusqu'au début d'octobre, avec certaines irrégularités causées par des fluctuations du réchauffement superficiel, de l'écoulement fluvial et des échanges avec les eaux extérieures. Un phénomène important, induit par une tempête, est survenu au début d'octobre lorsque tout l'inlet a été envahi d'eau salée et froide provenant de la plate-forme continentale. Vers la fin d'octobre et jusqu'au début de novembre, il y a eu dessalure de l'eau de l'inlet avec l'augmentation de l'écoulement fluvial. Pendant le mois de décembre, la colonne d'eau est devenue uniformément froide avec le refroidissement saisonnier et le mélange vertical.



La répartition des nutriments dans les cinq sites variait d'une façon assez caractéristique des eaux côtières tempérées. Les teneurs en silicates, en nitrates et en phosphates étaient élevées pendant les mois d'hiver, avec des baisses considérables et rapides au printemps lorsque les populations phytoplanctoniques augmentaient (fig. 3). Cette première baisse printanière des matières nutritives était généralement suivie d'une augmentation des teneurs à la fin du printemps et au début de l'été, puis par des périodes de durée variable où l'on observait des teneurs très faibles. À la fin de l'automne, on enregistrait un retour aux teneurs élevées de l'hiver. Le profil observé était semblable pour les silicates, les nitrates et les phosphates, mais seuls les nitrates ont été éliminés complètement. Les teneurs en nutriments étaient en général assez uniformes de la surface jusqu'au fond à ces sites d'échantillonnage assez peu profonds. Le havre Ship était la seule exception; en effet, en été et à l'automne, on a relevé des gradients verticaux prononcés pour les trois nutriments.

Il est possible de comparer la répartition des nutriments aux cinq sites d'échantillonnage au moyen de deux indicateurs de la dynamique des matières nutritives (tableau 2). Le premier, les teneurs en nutriments pendant les mois d'hiver, mesure l'accumulation de ces matières pendant la période d'activité biologique minimale. Le deuxième, le moment et l'ampleur de la réduction des teneurs en nitrates à moins de 0,1 micromolaire ( $\mu\text{M}$ ), indique la quantité de matières nutritives consommée par l'activité biologique au printemps et en été.

Les teneurs étaient beaucoup plus fortes en hiver qu'au printemps et en été. Néanmoins, elles étaient relativement faibles par rapport aux teneurs enregistrées en hiver dans certaines autres zones côtières,

en particulier celles qui ont des apports importants d'eaux industrielles ou d'eaux usées. En raison des apports de phosphates d'origine naturelle et humaine, les rapports nitrates-phosphates et silicates-phosphates étaient faibles par rapport à ceux relevés dans les eaux du large.

En hiver, les teneurs à chacune des cinq stations étaient étonnamment constantes, variant peu d'une année à l'autre. Toutefois, il y avait quelques écarts significatifs d'une station à l'autre. Les écarts les plus marqués étaient des teneurs relativement élevées en matières nutritives et le rapport élevé nitrates-phosphates enregistrés dans le bassin Annapolis. Cette situation peut être attribuable à la prédominance des activités agricoles dans la zone avoisinante, et donc, à la pollution des eaux de ruissellement par des engrais. Le principal facteur de l'apport de matières nutritives par les eaux douces est le rapport entre le volume des eaux douces et le volume des eaux estuariennes; la baie Tor, le havre Ship et le bassin Annapolis ont donc, de loin, le plus grand apport de matières nutritives par les eaux douces (tableau 1).

À chaque année, les teneurs en nitrates étaient inférieures à 0,1  $\mu\text{M}$  pendant au moins une période d'échantillonnage à chaque station. La période de réduction des nitrates et la durée de cette période avant que l'on observe à nouveau des teneurs supérieures à 0,1  $\mu\text{M}$  variaient significativement d'une station à l'autre. La manifestation la plus précoce et de plus longue durée, avec absence pratiquement totale de nitrates dans la colonne d'eau, s'est produite dans la baie Tor et la baie St. Margarets, et la période la plus récente et la plus brève dans le bassin Annapolis, ce qui indique peut-être l'effet d'un apport plus important d'eau douce et des différences au niveau de l'utilisation régionale des terres.

La station la plus intéressante du point de vue des propriétés chimiques des éléments nutritifs est le havre Ship, où des teneurs très élevées en silicates, en phosphates et en ammonium, autre élément nutritif contenant de l'azote, ont été enregistrées dans les eaux profondes, à la fin de l'été et en automne. Cette situation s'explique probablement par la géométrie de l'inlet et l'apport important d'eau douce. À l'entrée du havre Ship, un haut-fond crée un seuil qui, jusqu'à un certain point, empêche le libre échange des eaux profondes de l'inlet avec les eaux de la plate-forme. L'apport important d'eau douce provoque une dessalure de la couche superficielle qui, plus légère, empêche le mélange vertical et isole de nouveau les eaux profondes.

Les répartitions des silicates, des nitrates et des phosphates pour 1990 dans le havre Ship sont illustrées à la figure 3. En 1990, on n'a pas effectué de dosages complets de l'ammonium, mais les résultats de 1991 ont montré que des teneurs élevées en phosphates dans les eaux profondes étaient accompagnées de teneurs élevées en ammonium.

La fluorescence, mesure de la biomasse du phytoplancton, est indiquée à la figure 2. Elle était faible en hiver et augmentait pendant l'efflorescence printanière à la fin de février, demeurant élevée jusqu'à la fin d'avril, moment où elle diminuait pour atteindre des teneurs aussi faibles que celles enregistrées en hiver. Ces faibles teneurs se maintenaient dans les eaux superficielles du début de mai au début de septembre et dans les eaux profondes du début de mai au début de juillet. Les teneurs en nitrates étaient élevées jusqu'à la fin de mars, puis diminuaient en avril et mai, et demeuraient inférieures à 0,1  $\mu\text{M}$  du 4 juillet au 25 septembre dans la colonne d'eau et du 10 juillet au 7 août dans les eaux profondes.

À partir du début de juillet, les teneurs en ammonium, en phosphates et en silicates et la fluorescence augmentaient dans les eaux profondes. Les matières nutritives étaient probablement libérées par la décomposition de débris biogènes dans ou sur les sédiments, et l'augmentation de la fluorescence résultait d'une productivité biologique accrue stimulée par l'augmentation des teneurs en nutriments. À la fin de septembre, la fluorescence et les teneurs en phosphates et en silicates étaient élevées dans toute la colonne d'eau, la stratification verticale était réduite et il se produisait l'efflorescence d'automne. Au milieu d'octobre, la fluorescence élevée observée dans toute la colonne d'eau et la teneur en matières nutritives dans les eaux profondes ont été réduites plutôt brusquement puisque toute la baie a été envahie par les eaux denses et froides de la plate-forme continentale.

Tableau 2

## Indices de la dynamique des nutriments

	Baie Tor	Havre Ship	Baie St. Margarets	Havre Woods	Bassin Annapolis
<b>Teneurs en nutriments (hiver)</b>					
Si ( $\mu\text{M}$ )	7,80	8,70	7,60	6,00	9,40
NO <sub>3</sub> ( $\mu\text{M}$ )	3,60	5,40	5,30	4,70	8,90
PO <sub>4</sub> ( $\mu\text{M}$ )	0,68	0,82	0,79	0,74	0,89
N : P	5,30	6,60	6,70	6,40	10,00
Si : P	11,50	10,60	9,60	8,10	10,60
<b>Teneur en nitrates &lt;0.1 <math>\mu\text{M}</math></b>					
Début	juin/juill.	juil.	juin/juill.	juill.	juil./août
Durée (semaines)	13	10	14	3	1

Remarque: Si = silicates; NO<sub>3</sub> = nitrates; PO<sub>4</sub> = phosphates; N = azote; P = phosphore.

### Autres travaux

Le projet d'établissement des profils du phytoplancton a permis d'identifier les principaux types de phytoplancton dans cinq inlets de la Nouvelle-Écosse. Une série poussée de données biologiques, physiques et chimiques additionnelles a été recueillie dans les cinq sites à dynamique différente. Un

premier regard sur l'interaction entre la dynamique océanographique et la dynamique phytoplanctonique à un endroit a montré des interrelations intéressantes qui peuvent être typiques des inlets possédant des caractéristiques physiques semblables. À l'avenir, nous espérons analyser plus à fond le milieu physico-chimique particulier de chacun des

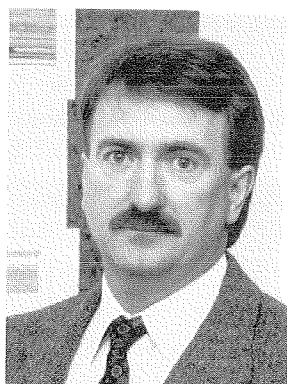
inlets et son effet sur les populations phytoplanctoniques. Nous étudierons les raisons pour lesquelles il se produit des efflorescences toxiques à certains endroits et pas à d'autres. Nous espérons que les résultats s'appliqueront à des problèmes différents observés dans des inlets possédant des caractéristiques similaires à celles des cinq inlets étudiés.

---

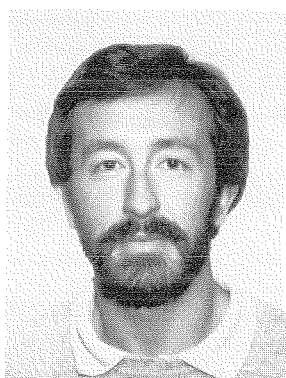
# Mise au point d'un système canadien de cartographie océanique

G. Costello, D. Peyton\*, and G. Lebens\*\*

(\* Geo-Resources Inc. \*\* Brooke Ocean Technology Ltd.)



G. Costello



D. Peyton



G. Lebens

pour le Service hydrographique du Canada (SHC) par l'International Submarine Engineering Research Limited (ISER). Il était projeté d'utiliser plusieurs DOLPHIN depuis un navire-mère pour l'exécution de levés hydrographiques au large. Pendant des essais ayant duré cinq ans, le DOLPHIN s'est avéré une excellente plate-forme opérationnelle et plusieurs capteurs en plus d'échosondeurs ont été installés avec succès à bord du véhicule.

On a reconnu, dans la Politique du Canada sur les océans annoncée en 1987 par le Ministre des Pêches et Océans (MPO, 1987), la nécessité d'un programme canadien de cartographie systématique des océans. L'une des composantes de cette nouvelle politique était la mise sur pied d'un programme de cartographie océanique exécutée à contrat pour la collecte de données hydrographiques et géophysiques.

Le Service hydrographique du Canada a mis au point, en collaboration avec les secteurs universitaire et privé, un système unique de cartographie océanique intégrant le sondeur à

faisceaux multiples SIMRAD EM100 au véhicule sous-marin autonome (VSA) DOLPHIN.

Le DOLPHIN est un VSA semi-submersible mis au point vers le milieu des années 80

## SYSTÈME CANADIEN DE CARTOGRAPHIE OCÉANIQUE - SCCO

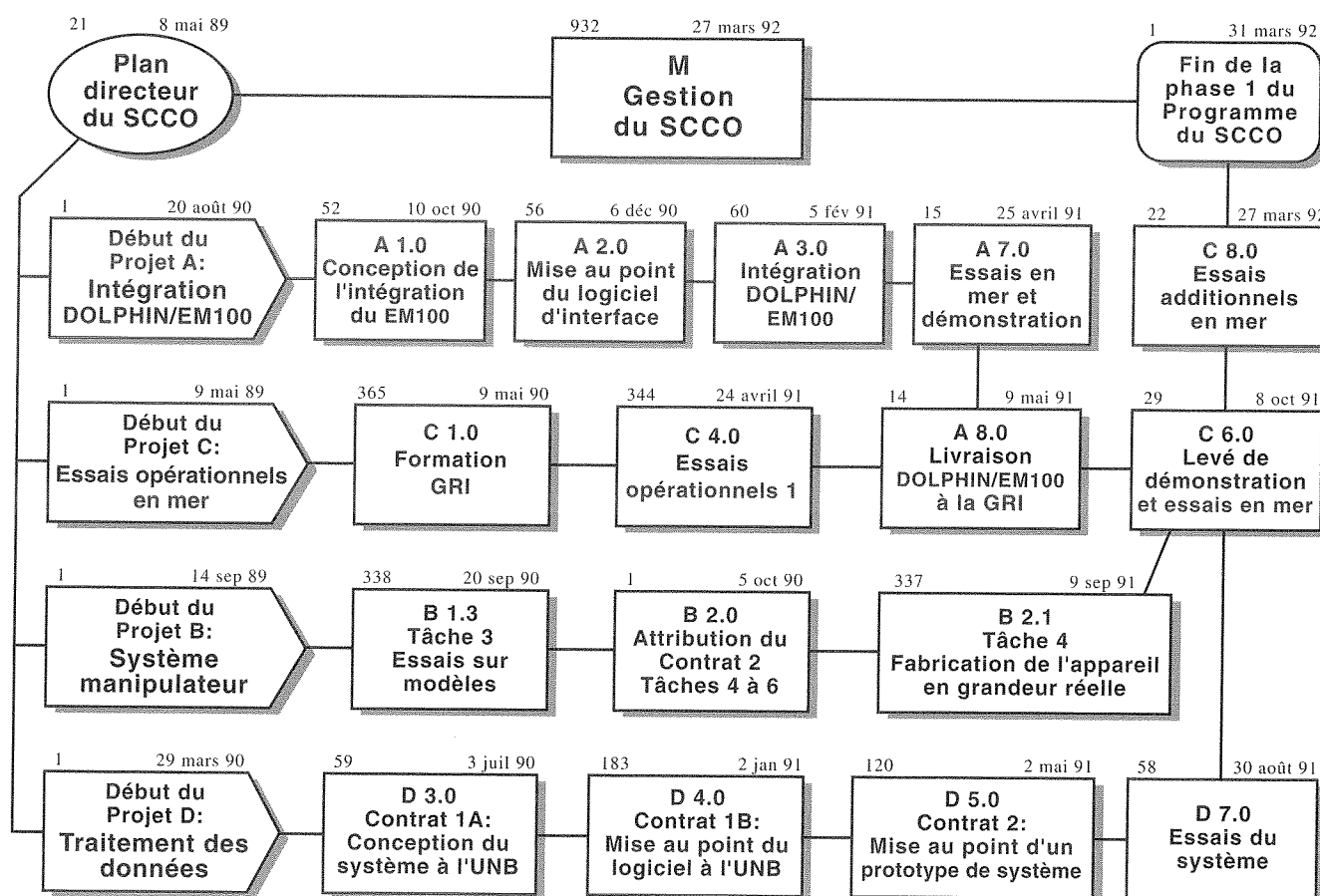


Figure 1. Plan directeur du SCCO. Généralisation de l'échéancier détaillé préparé pour la gestion de projets du SCCO.

En réponse à cette politique, quatre entreprises privées ayant à leur tête la Geo-Resources Inc. de Terre-Neuve ont présenté en 1988 une proposition au ministère des Pêches et Océans (MPO). Elles proposaient l'intégration des technologies existantes au gouvernement et dans l'industrie et le parachèvement des travaux nécessaires de recherche et de développement en vue de la production d'un système opérationnel de cartographie océanique. L'obtention d'un système complet a exigé l'exécution de trois projets initiaux auxquels s'en est ajouté un quatrième pour le traitement des données. Le programme DOLPHIN/EM100 final consistait en quatre projets auxquels participaient plusieurs entreprises :

- Intégration DOLPHIN/EM100 : ISER et Simrad Mesotech, Vancouver (C.-B.);
- Système de lancement et de récupération du DOLPHIN («bras Atlantique») : Brooke Ocean Technology, Dartmouth (N.-É.);
- Essais opérationnels en mer : Geo-Resources Inc., St. John's (T.-N.);
- Système de traitement des données : Groupe de cartographie océanique à l'UNB et Universal Systems Ltd., Fredericton (N.-B.).

Ces quatre projets ont été regroupés en un programme unique d'une durée de trois ans dirigé par une même équipe de gestion. Le programme fut appelé le Système canadien de cartographie océanique (SCCO) et un plan directeur de gestion de projets fut établi. Entrepris en mai 1989, le programme du SCCO fut complété avec succès en mai 1992.

### Gestion de projets pour le SCCO

Puisque le programme du SCCO comportait plusieurs projets exécutés par différents organismes, un plan directeur d'ensemble englobant une structure organisationnelle et un échéancier a été préparé afin d'assurer la coordination et le parachèvement des projets (fig. 1).

- La structure organisationnelle regroupait :
- des gestionnaires supérieurs du MPO pour la gestion globale du programme incluant l'affectation des fonds;
  - un comité directeur responsable de l'examen et de l'approbation de la planification et des documents contractuels;
  - un gestionnaire de projets responsable de la planification et de la coordination de tous les projets et de la gestion des contrats;
  - quatre équipes de projets responsables des plans détaillés de projets et du parachèvement des produits livrables conformément aux stipulations des contrats.

L'échéancier présente les différents projets et les principales tâches à accomplir ainsi que les relations entre tous les projets. Cet échéancier était basé sur la proposition émanant des entreprises privées et a été modifié avant que les travaux soient entrepris. Cette structure basée sur les produits livrables était bien adaptée au programme du SCCO puisque chaque équipe de projet était responsable de produits livrables bien définis. Bien que les projets aient été mutuellement exclusifs puisque dirigés par des équipes différentes, ils étaient également interdépendants; le succès du projet C, Essais

opérationnels en mer, dépendait en particulier étroitement du succès des trois autres projets.

Les objectifs du SCCO, clairement établis dès le départ, étaient les suivants :

- obtention d'un DOLPHIN avec un sondeur à faisceaux multiples EM100 opérationnel en mode levé, incluant la navigation et l'enregistrement des données;
- obtention d'un prototype de système de manipulation du DOLPHIN permettant le lancement et la récupération du véhicule «mort ou vif» par des états de la mer atteignant 6;
- obtention d'un système amélioré de traitement de données bathymétriques en haute densité.

### Le DOLPHIN

Le mot DOLPHIN est l'acronyme en langue anglaise désignant la Deep Ocean Logging Platform with Hydrographic Instrumentation and Navigation (plate-forme d'enregistrement à grande profondeur avec instruments et navigation). Le DOLPHIN a été conçu en 1982 dans le cadre d'efforts renouvelés d'accroissement de la productivité lors de levés hydrographiques au large minimisant les risques pour l'homme dans les difficiles conditions de travail en haute mer (Dinn *et al.*, 1987).

Le premier DOLPHIN fut livré en 1983; il devait servir principalement à l'évaluation des éléments techniques et à éprouver la validité du concept. Les premiers essais en mer ont démontré que le véhicule pouvait être utilisé comme plate-forme plus stable et présentant de meilleures caractéristiques hydrodynamiques pour les capteurs hydrographiques (Malone *et al.*, 1984).

En 1984, des instruments hydrographiques ont également été installés avec succès et mis à l'épreuve. Des données analogiques d'échosondage et de positionnement par Loran C étaient télémétrées par le DOLPHIN et transmises au navire-mère pour y être enregistrées (Malone *et al.*, 1984).

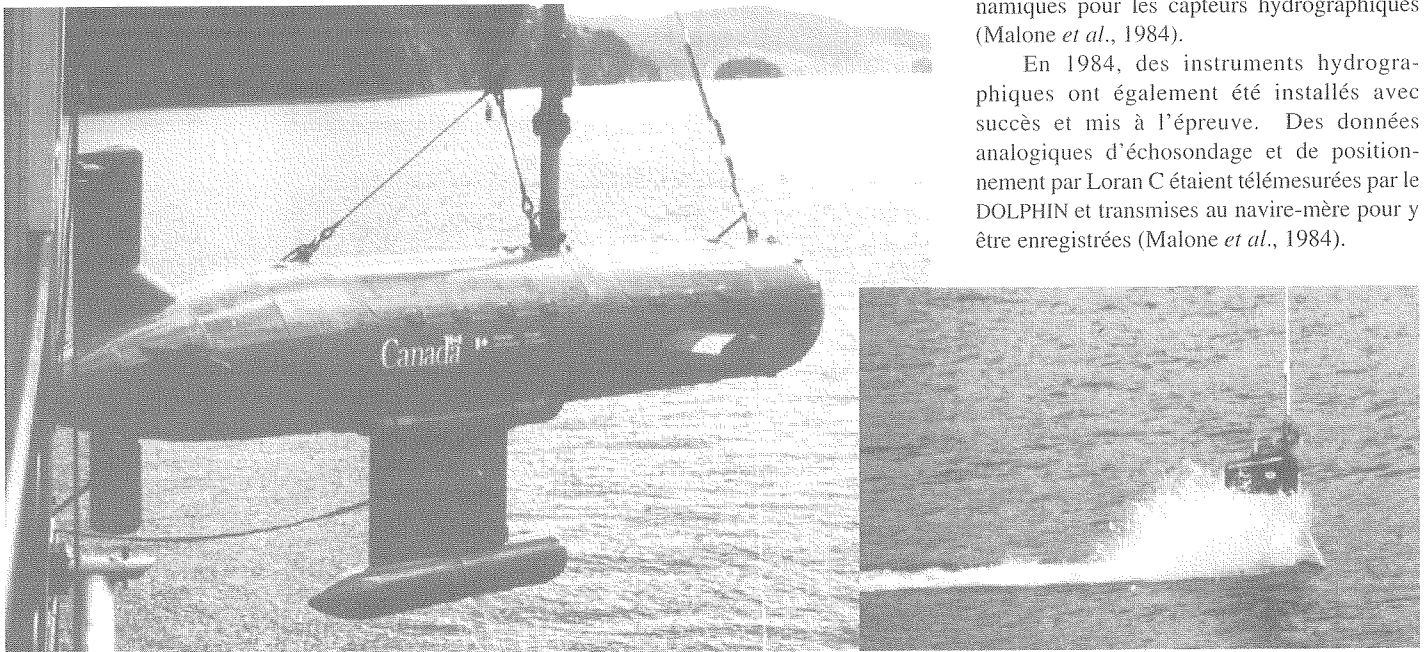


Figure 2. Une quille de plomb assure la stabilité de la coque en aluminium d'une longueur de 7 m du DOLPHIN propulsé par un moteur Diesel à une vitesse pouvant atteindre 12 noeuds à environ 4 m sous la surface.

De 1985 à 1987, les efforts ont été concentrés sur l'amélioration des travaux hydrographiques et la mise au point d'un système de lancement et de récupération. Les travaux hydrographiques progressaient bien (Lamplugh, 1986), mais ce n'était pas le cas du système de lancement et de récupération. Un intervalle de redressement a fait suite à des essais en mer non réussis en 1987; en 1989 le projet DOLPHIN a reçu une nouvelle impulsion au SHC dans le cadre élargi de l'initiative du SCCO accordant une place plus importante à l'initiative du secteur privé.

La coque du DOLPHIN, d'une longueur de 7 m et d'un diamètre de 1 m, est fabriquée en aluminium de qualité marine. Un moteur Diesel de 212 ch fournit l'énergie nécessaire pour la propulsion et les dispositifs hydrauliques et électroniques. La vitesse de croisière du DOLPHIN est de 12 noeuds et sa vitesse de pointe de 16 noeuds (figure 2). Un système de contrôle actif commandé par microprocesseur règle le comportement hydrodynamique du véhicule et en maintient la stabilité en compensant le roulis et le tangage tout en permettant d'en régler le cap et la profondeur. Pour de plus amples renseignements concernant la conception et les essais en mer antérieurs, le lecteur est référé aux nombreuses études publiées dont certaines figurent parmi les références ici énumérées.

#### Projet A du SCCO : intégration DOLPHIN/EM100

Le projet A consistait à concevoir et à mettre en oeuvre l'intégration du sondeur à faisceaux multiples EM100 au DOLPHIN. Les principales composantes du EM100, un sondeur à faisceaux multiples mis au point par la Simrad Subsea de Norvège, sont un transducteur, un émetteur-récepteur avec préamplificateur, un pupitre d'opérateur et une unité de contrôle de la qualité. Il permet de couvrir sur le fond une largeur de bande égale à 2,4 fois la profondeur de l'eau (angle de 100°) au moyen de 32 faisceaux étroits et l'angle des faisceaux dans la direction de la progression est de 3°. Exploité à 95 kHz il permet des mesures par des profondeurs comprises entre 10 et 600 m.

Les deux principaux problèmes à solutionner dans le cadre du présent projet étaient les suivants : comment physiquement loger les composantes électroniques du transducteur et de l'émetteur-récepteur avec préamplificateur de l'EM100 à bord du DOLPHIN et comment traiter le débit accru des données du EM100 à transmettre au navire-mère ? Il a été possible de solutionner facilement les deux problèmes en apportant des modifications au véhicule.

En raison de sa relativement petite taille (50 cm sur 100 cm), et d'un rayon de courbure de son boîtier presque identique à celui de la

coque du DOLPHIN, le transducteur était facile à loger dans le compartiment avant. Le transducteur est aligné et fixé rigidement sans correction mécanique du tangage; il peut au besoin être facilement retiré et remplacé. Le nez du DOLPHIN est fixé à la coque par un rebord boulonné et peut être enlevé pour l'entretien (fig. 3).

Les composantes électroniques de l'émetteur-récepteur avec préamplificateur et les blocs d'alimentation sont relocalisés dans des boîtes d'aluminium étanches aux éclaboussures conçues pour dissiper efficacement la chaleur au moyen de ventilateurs électriques, d'ailettes de refroidissement et d'une pâte sur le plancher du compartiment.

Les radios existants de manipulation à distance ont été remplacés par des radios asynchrones de transmission par paquets de la Dataradio permettant le multiplexage de jusqu'à cinq flux distincts de données sérielles sur un canal radio; la configuration est assez simple et l'effort permanent de mise au point de logiciels est réduit. De plus, l'ordinateur de réseau en surface sur le navire-mère n'étant plus nécessaire a été retiré du système (ISER, 1991). En eau peu profonde, à un maximum de trois impulsions par seconde, la vitesse de transmission des données du EM100 est d'environ 4 000 bits par seconde. Avec une liaison radioélectrique de 9 600 bauds, environ 15 % de la capacité de transmission est nécessaire pour la commande du véhicule, ce qui laisse une capacité suffisante de 85 %, ou environ 8 000 bits par seconde, pour le sondeur EM100 et les données de positionnement. La fiabilité du maniement du flux de

donnée est bonne et estimée à 98 % lorsque la fonction de demande automatique de répétition est activée (Dinn, 1991).

Certains nouveaux capteurs ont également été installés à bord du DOLPHIN, dont un gyrocompas Robertson, un ensemble détecteur de mouvement Watson et un détecteur de pilonnement, nécessaire pour contrôler la dynamique du véhicule et pour l'obtention de données précises sur le cap, le pilonnement, le roulis et le tangage destinées au EM100. Plus tard, pendant les essais finals en mer à Terre-Neuve, il a été déterminé que le détecteur Watson n'était pas conforme aux spécifications et il a été remplacé par un détecteur de mouvement TSS 335.

Suite à l'intégration et aux essais au banc, des essais en mer ont été effectués près de Vancouver. Une petite étendue a été levée avec succès pour démontrer le fonctionnement du système. Le DOLPHIN/EM100 fut ensuite expédié à l'IOB pour des essais avec le système manipulateur de la Brooke Ocean Technology, puis à la base littorale du DOLPHIN à Terre-Neuve pour des essais opérationnels en mer par la Geo-Resources.

#### Projet B du SCCO : système manipulateur du DOLPHIN

Le projet B consistait à concevoir, à mettre à l'épreuve sur modèle et ensuite à fabriquer un appareil en grandeur réelle de manipulation du DOLPHIN. La Brooke Ocean Technology (BOT) était responsable de l'installation du système manipulateur à bord d'un navire puis de sa livraison à la Geo-Resources pour des essais opérationnels en

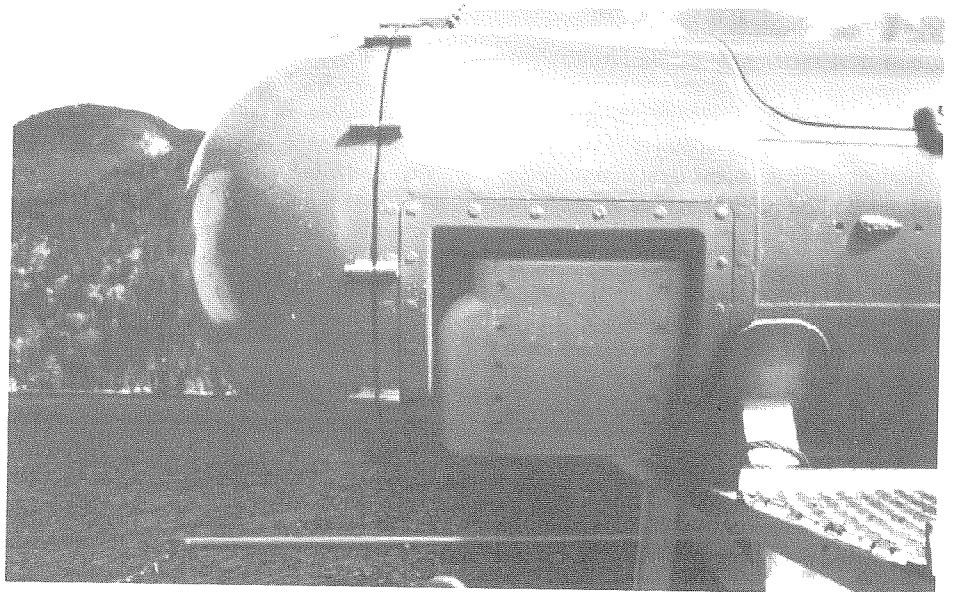


Figure 3. Dans le cadre du projet d'intégration du EM100, le transducteur au boîtier incurvé se logeait bien dans la coque du DOLPHIN dont le nez est maintenant amovible pour permettre l'entretien de l'appareil.

mer. Les exigences générales pour le système manipulateur étaient les suivantes :

- il devait être portatif et adaptable à des navires auxiliaires occasionnels;
- il devait permettre la mise à l'eau et la récupération du DOLPHIN par des états de la mer atteignant 6, correspondant à des hauteurs moyennes des vagues de 4 à 6 m et à une vitesse du vent de 35 à 40 noeuds en haute mer;
- il devait pouvoir être commandé à distance sans l'aide d'une personne dans l'eau;
- il devait permettre la manipulation de plusieurs DOLPHINS, d'au moins trois véhicules exploités simultanément;
- il devait permettre de récupérer le DOLPHIN en panne ou «mort».

Le projet a été exécuté en deux phases. La phase I portait sur la conception et les essais sur modèles et la phase II sur la fabrication du système en grandeur réelle et sa mise à l'épreuve lors d'essais opérationnels.

Pendant la phase I, cinq concepts ont été évalués dont deux ont été retenus pour des essais sur modèles; l'un de ceux-ci, le bras de levage appliqué au centre de gravité (bras CG) a été choisi comme étant le mieux adapté aux exigences. Le bras CG, ou «bras Atlantique» comme il fut plus familièrement désigné, fut fabriqué et mis à l'épreuve dans le cadre de la phase II du projet. Ces concepts sont présentés de manière détaillée dans le rapport sur le contrat accordé à la BOT pour l'exécution de la phase I (Brooke Ocean Technology, 1991).

Les cinq concepts étaient les suivants :

- bras de levage par le mât : système latéral de récupération à prise unique en tête de mât au moyen d'une grue à compensation de mouvement et d'un dispositif de serrage enserrant la coque du DOLPHIN;
- bras CG : système latéral de récupération, variante du système à bras de levage par le mât, avec prise unique près du centre de gravité du DOLPHIN au moyen d'une grue à compensation de mouvement et d'une cage d'immobilisation. Un câble de remorque est fixé afin de stabiliser le DOLPHIN pendant le levage;
- système à rampe : pouvait être un système latéral ou en poupe par lequel le DOLPHIN était guidé sur la rampe puis remonté sur le pont du navire. Ce système était similaire à celui de la rampe de l'ISER ou au système GLORIA du R.-U.;
- ciseaux : pouvait être un système latéral ou en poupe par lequel le DOLPHIN était guidé dans un mécanisme à compensation de mouvement submergé en forme de ciseaux puis levé à bord au moyen d'une grue;
- garage d'amarrage : pouvait être un système latéral ou en poupe par lequel le DOLPHIN était manoeuvré dans un cadre rectangulaire

submergé et remonté sur le pont au moyen d'une grue à compensation de mouvement.

Une analyse détaillée a permis d'identifier le bras de levage par le mât et le bras CG comme étant les systèmes répondant aux exigences et ils furent davantage évalués par des essais sur modèles. Les trois autres systèmes furent éliminés.

Des essais de tenue à la mer des modèles furent effectués à l'Ocean Engineering Research Centre de l'Université Memorial à Terre-Neuve afin d'observer le comportement du navire à divers caps pour un état de la mer de 6. Des essais des modèles remorqués et amarrés pour un état de la mer de 6 ont été effectués en bassin. Les résultats indiquent des mouvements importants continuels et parfois violents de tangage et d'embarquée; le roulis n'était pas aussi intense. Ces résultats ont permis de confirmer la décision d'éliminer les concepts de rampe, de ciseaux et de garage pour ne retenir que les deux concepts de récupération latérale à prise unique.

Deux modèles radiocommandés du DOLPHIN et un modèle de grue électropneumatique ont été fabriqués à une échelle approximative de 1/6. La grue a été installée sur un bateau de pêche de 11 m pour les essais sur modèles. Après un ensemble d'essais sur modèles dans le port de Halifax, le concept de bras de levage par le mât fut éliminé, principalement en raison de la possibilité de dommages au DOLPHIN pendant le levage et de l'ampleur des modifications du DOLPHIN qui auraient été nécessaires pour en permettre le levage par la tête de mât.

Les essais sur modèle se sont poursuivis avec le bras CG; après plusieurs modifications du modèle, la manière de procéder suivante s'est imposée pour la récupération :

1. navire faisant route à 4 à 5 noeuds à environ 30° de la direction de toute mer importante ou du vent afin d'abriter quelque peu le côté où s'effectue la récupération;
2. DOLPHIN manoeuvré en position le long du bord du navire à environ 8 m de la coque (fig. 4a);
3. câble de remorque du DOLPHIN fixé à distance au tangon de remorquage (fig. 4b);
4. DOLPHIN halé au treuil jusqu'à la grue;
5. crochet de CG fixé à distance à la membrure de levage au CG du DOLPHIN (fig. 4c);
6. câble de levage placé sous tension constante;
7. DOLPHIN levé le nez en bas à un angle d'environ 20° en maintenant le câble de remorque sous tension afin de minimiser le mouvement de pendule (fig. 4d);

8. DOLPHIN assujéti à la cage d'immobilisation (fig. 4e);

9. plaques de verrouillage mises en place et frein appliqué au pivot de la cage;

10. DOLPHIN déposé sur le pont dans son berceau.

Cette manière de procéder est plus ou moins inversée lors du lancement.

Un DOLPHIN en panne ou «mort» est initialement récupéré à l'aide du système de fixation de première amarre (FLATTS, First Line ATTachment System), qui consiste en une bobine et un projectile renfermant une cordelle et des ancrs flottantes, tous installés dans le nez du DOLPHIN. Lorsque le DOLPHIN tombe en panne, et suite à une certaine succession d'événements, le projectile, avec la cordelle qui lui est fixée, est éjecté du nez du DOLPHIN au moyen d'air comprimé; la cordelle flotte à la surface de l'eau; le DOLPHIN file dans la direction du vent retenu par les ancrs flottantes et la cordelle est repêchée depuis le navire-mère. Le DOLPHIN est alors pris en remorque depuis le tangon de remorquage et une récupération normale est entreprise telle que décrite à compter de l'étape n° 3 ci-haut.

Une fois l'efficacité du concept de bras CG démontrée avec succès lors d'essais sur modèles, un système en grandeur réelle fut fabriqué dans le cadre de la phase II du projet. Les principales composantes du système sont les suivantes :

- grue marine articulée avec bloc d'alimentation électro-hydraulique autonome. La grue modèle MCK-1837 de la Seattle Marine fut choisie comme répondant aux exigences;
- mécanisme de capture consistant en un pivot et une cage d'immobilisation. Il sert à guider et éventuellement à bloquer le DOLPHIN en place après levage;
- treuil à tension constante permettant de lever et d'abaisser le DOLPHIN;
- assemblage de tangon de remorquage avec système de contrôle de tension permettant de minimiser les pointes de tension pendant que le DOLPHIN est remorqué;
- berceau de pont avec mécanisme d'inclinaison;
- équipement de fixation à distance pour la fixation initiale du câble de remorque et du crochet CG au DOLPHIN;
- FLATTS, système de fixation de première amarre permettant la récupération de DOLPHINS «morts» ou en panne.

À l'exception de la grue et du treuil, toutes les composantes furent conçues et fabriquées à Dartmouth. Le système complet fut assemblé et mis à l'épreuve sur le quai de l'IOB. Après qu'un navire ait été choisi, les modifications finales furent apportées et le

système fut installé à bord prêt pour les essais en mer.

### Projet D du SCCO : système de traitement des données

Dans le cadre du projet D, un système de traitement des données fut mis au point pour permettre de traiter plus efficacement les ensembles à haute densité de données recueillis au moyen de systèmes comme le EM100 de la SIMRAD et le MCS-1B de la Navitronics. Les systèmes existants de traitement basés sur des méthodes de généralisation ou de quadrillage n'étaient pas acceptables pour des organismes de cartographie marine comme le SHC qui exigent une rigoureuse intégrité des données ponctuelles pour des raisons de sécurité de la navigation. Suite à une étude complétée par le Groupe de cartographie océanique de l'Université du Nouveau-Brunswick (UNB) en 1988, le SHC a adopté l'approche recommandée qui exigeait

la mise au point de nouveaux algorithmes à utiliser avec des critères hydrographiques combinés à l'infographie interactive et à des outils de visualisation. L'UNB a retenu l'Universal Systems Ltd. (USL) à titre de partenaire industriel pour la commercialisation du progiciel.

Les éléments fondamentaux de ce progiciel sont les concepts d'«épure» des données ponctuelles et de conservation des données mesurées. Les outils d'analyse statistique et d'épuration automatique et interactive mis au point par le Groupe de cartographie océanique de l'UNB (Ware *et al.*, 1991) ont été intégrés au Système d'épuration des données hydrographiques (SEDH) (fig. 5). Ces outils ont été combinés au logiciel de visualisation CARIS de l'USL et regroupés sous forme d'un produit commercial appelé le Système de traitement d'information hydrographique (STIH).

Dans le cadre du traitement, les données

obtenues par le système de saisie sont chargées dans le SEDH où elles subissent une épuration, qui englobe leur correction pour tenir compte des marées et des décalages introduits par les divers capteurs, une mise en forme des données de navigation, la production de diverses surfaces statistiques et une mise en forme interactive automatique (algorithmique) des sondes. Une fois épurées, les données peuvent être versées dans une base de données d'origine ou transmises au logiciel de visualisation pour la production de diverses surfaces comme des modèles numériques de terrain, des perspectives en trois dimensions, des minutes hydrographiques, des cartes en courbes, des profils et des volumes (fig. 6).

Le STIH présente les caractéristiques suivantes :

- respect rigoureux des normes concernant les interfaces de logiciels et les interfaces utilisateurs comme le X-windows et le Motif;

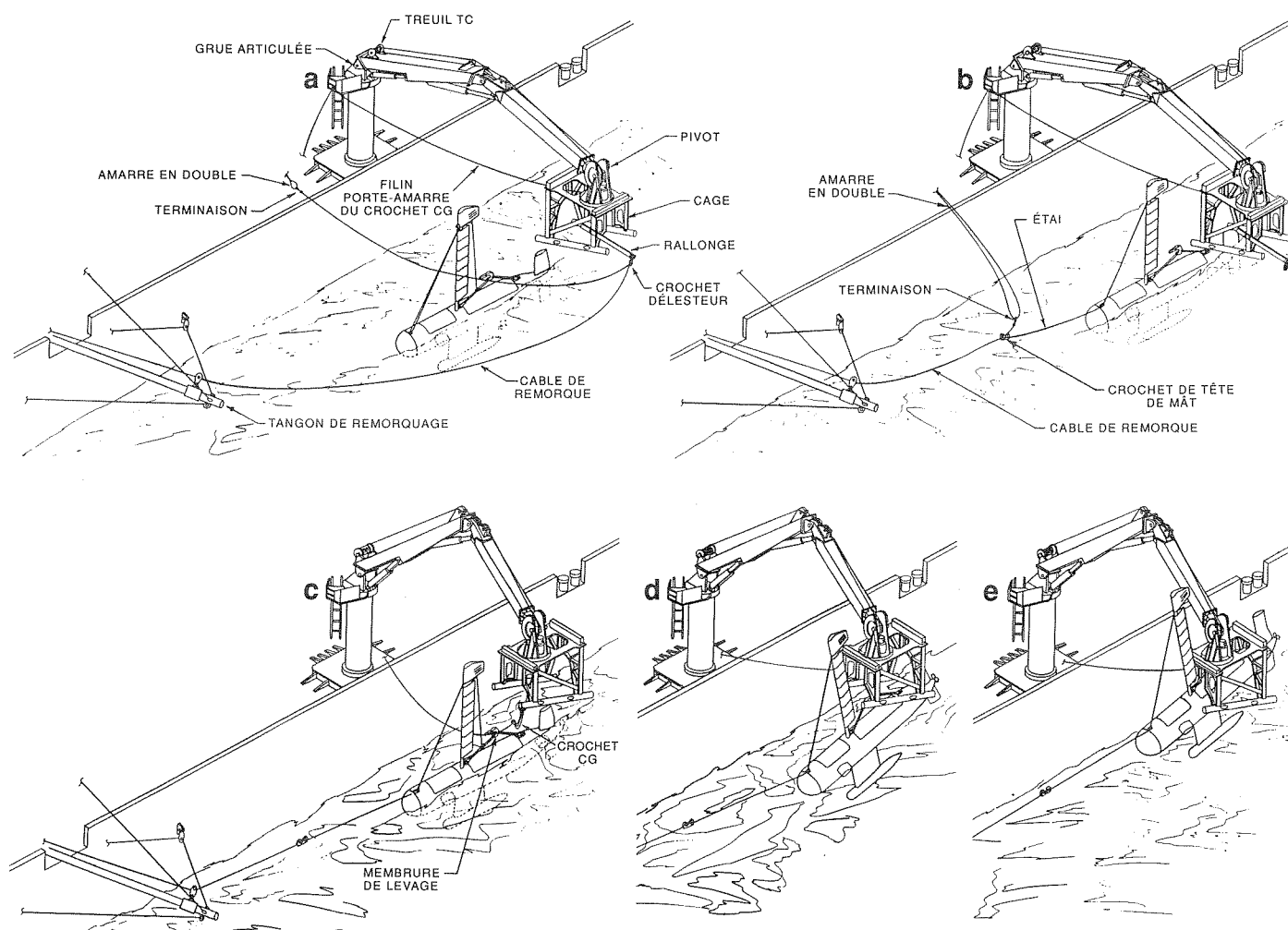
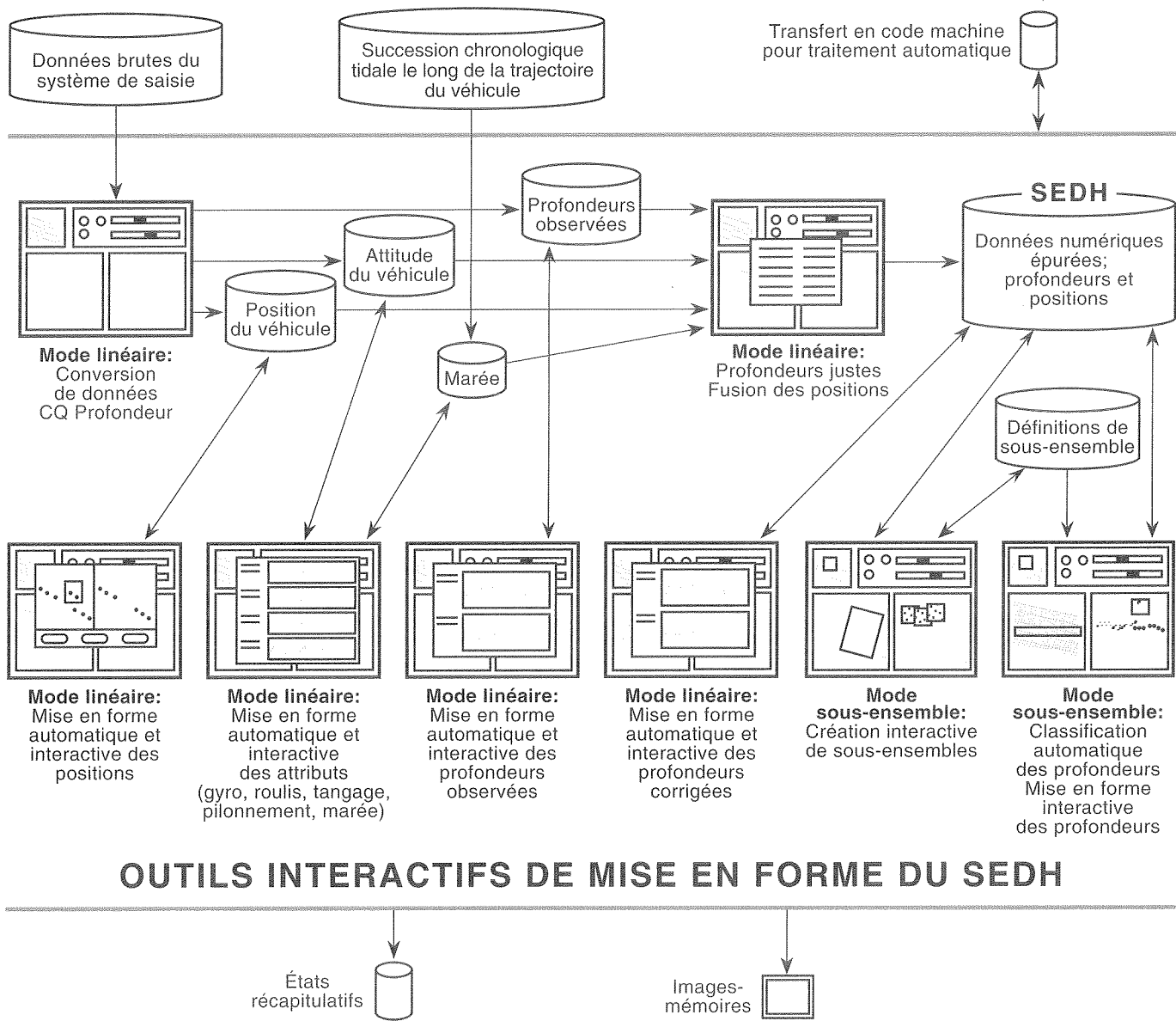


Figure 4. a) Pour entreprendre la récupération, le DOLPHIN est manoeuvré en place par le travers du navire à environ 8 m de la coque. b) Le câble de remorque du DOLPHIN est fixé à distance au tangon de remorquage. c) Le crochet CG est fixé à distance à la membrure de levage au CG du DOLPHIN. d) Le DOLPHIN est soulevé, nez incliné vers le bas d'environ 20° en maintenant le câble de remorque sous tension pour minimiser le mouvement de pendule. e) Le DOLPHIN est assujéti à la cage d'immobilisation avant d'être déposé dans son berceau sur le pont.



## OUTILS INTERACTIFS DE MISE EN FORME DU SEDH

Figure 5. Le Système d'épuration des données hydrographiques (SEDH). Les données brutes sont chargées dans le SEDH, automatiquement épurées de manière interactive puis transmises à une base de données d'origine ou au progiciel de visualisation STIH du CARIS (d'après Wells et al., 1991).

- structure de données générique permettant d'intégrer des données fournies par toute une gamme de systèmes de cartographie océanique;
- conservation de toutes les données mesurées sans élagage des données;
- algorithmes automatiques rapides et surfaces statistiques. Cette approche basée sur l'application d'outils puissants permet de relever rapidement d'éventuelles erreurs dans les données de navigation et les données sur la profondeur;
- outils interactifs de mise en forme permettant à l'hydrographe de vérifier les résultats fournis par les outils automatiques et de les neutraliser;

- transfert efficace des données épurées à une base de données d'origine permettant de conserver tous les attributs nécessaires;
- fonctions statistiques et de signalisation à des fins de contrôle de la qualité et pour la vérification du respect des normes;
- obtention d'une gamme étendue de produits comme des modèles numériques de terrain, des perspectives en trois dimensions, des minutes hydrographiques, des cartes en courbes, des profils et des volumes (Wells et al., 1991; USL, 1992).

Les premiers essais en mer du STIH ont eu lieu en novembre 1991 et après modification il fut mis en oeuvre dans le programme hydrographique du SHC en 1992.

### Projet C du SCCO : essais opérationnels en mer

Dans le cadre du projet C, la société Geo-Resources a effectué l'intégration des composantes du SCCO. Cette intégration a exigé une formation, des travaux de mise au point, des essais en mer et la mise en marché du système à titre de service de cartographie océanique. À mesure qu'étaient complétés les trois autres projets (Intégration DOLPHIN/EM100, Système de lancement et de récupération du DOLPHIN et Traitement des données), la Geo-Resources a effectué un ensemble d'essais en mer et apporté les améliorations nécessaires pour mener le système au stade de la production. Ce projet



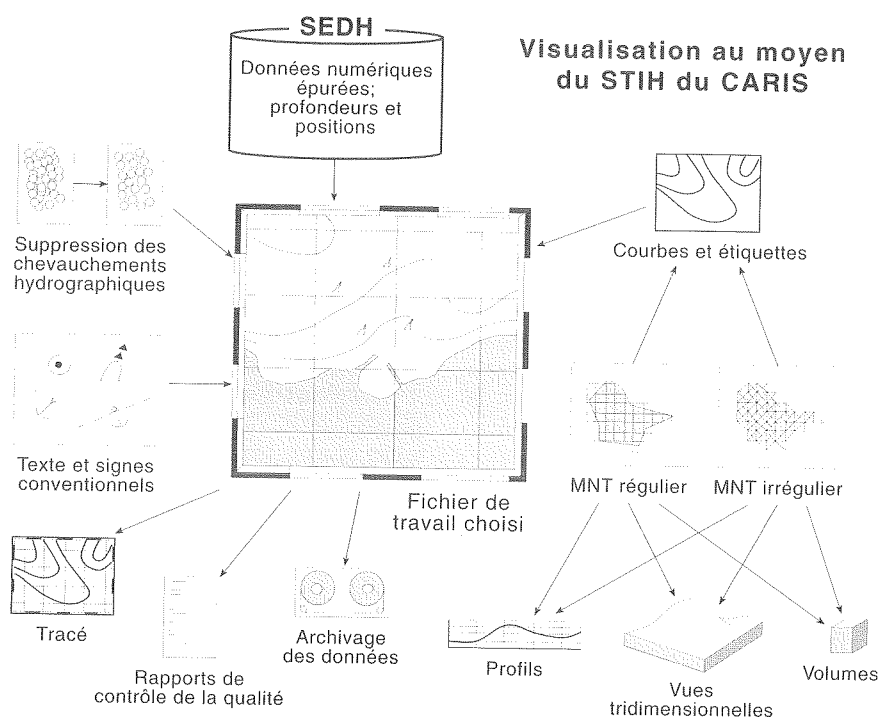


Figure 6. Visualisation au moyen du STIH du CARIS. Ici des fichiers de travail sont créés et divers outils permettent la visualisation et le tracé d'ensembles de données (tirée d'USL, 1992).

GPS différentiel (DGPS) exploité en temps réel ont permis de compléter le levé de l'emplacement d'essai mesurant 8 km sur 17 km. Les ensembles de données bathymétriques furent traités au moyen du Système de traitement d'information hydrographique USL/UNB. Les données furent «épurées» puis utilisées pour produire des visualisations sur écran d'ordinateur ainsi que des sorties sur papier comme des vues tridimensionnelles, des minutes hydrographiques et des cartes en courbes, et ce à bord même du navire peu de temps après la collecte des données.

Par un état de la mer de 5 (coups de vent à 35 noeuds et vagues de 3 à 4 m) l'ensemble DOLPHIN/EM100 fonctionnait beaucoup mieux que l'ensemble *Matthew*/EM100. Dans ces conditions, il y avait perte considérable de données par le *Matthew*/EM100 en raison du tangage du navire, alors que le DOLPHIN/EM100, se déplaçant sous la surface, fonctionnait bien. Il n'y avait aucune interférence acoustique entre les deux sondeurs lorsque le DOLPHIN et le *Matthew* étaient décalés l'un par rapport à l'autre le long de la route. La précision du positionnement étant de l'ordre de 5 m avec le DGPS, et le

était important du fait qu'il axait le SCCO sur la production plutôt que sur la mise au point. Il exigeait un transfert de technologie entre tous les membres alliés et en particulier vers la Geo-Resources qui recevait le produit final.

En 1989 et en 1990 l'emphase a été placée sur la formation. La Geo-Resources a participé à des levés hydrographiques du SHC et les membres de son personnel sont devenus des experts dans l'utilisation du DOLPHIN. En 1990 une base a été établie à terre à Long Pond (Terre-Neuve) d'où ont été effectués les premiers essais en mer. Mentionnons entre autres des essais généraux de toutes les composantes du DOLPHIN effectués après une révision complète, la mise au point d'un logiciel de navigation, l'installation du système GPS (Global Positioning System, Système de positionnement global) à bord du DOLPHIN et le parachèvement du levé hydrographique d'un emplacement d'essai dans la baie Conception.

**Essais en mer, novembre 1991 :** Ces essais, effectués depuis la base de Long Pond, visaient à mettre à l'épreuve le DOLPHIN/EM100, le GPS différentiel et le traitement des données; ils ont été exécutés à l'aide du N.H.C. *Matthew*. Le système manipulateur ne fut pas utilisé. Il s'agissait de la première mise à l'épreuve véritable du système parfaitement intégré et les essais ont été très réussis. Le DOLPHIN et le *Matthew*, tous deux équipés de sondeurs EM100 et du

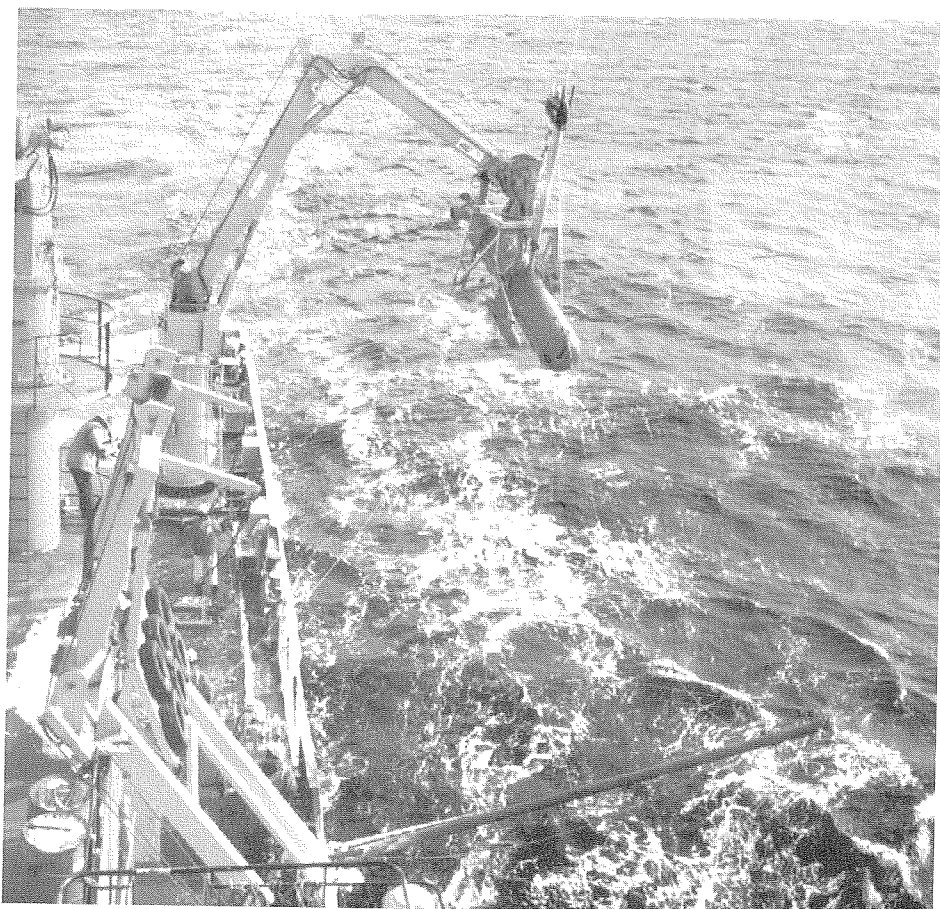


Figure 7. Le DOLPHIN est récupéré dans l'Atlantique Nord par un état de la mer de 4 au moyen du «bras Atlantique» lors des essais en mer depuis le Grenfell en février 1992.

DOLPHIN étant commandé par ordinateur il fut possible de respecter un alignement excellent (Clarke *et al.*, 1991).

Le même emplacement avait auparavant fait l'objet d'un levé au moyen de sondeurs classiques à faisceau unique à 200 et à 30 kHz auquel a ainsi pu être comparé le levé multifaisceaux effectué avec le EM100. Les deux ensembles de données présentaient une bonne correspondance. Les avantages véritables des données multifaisceaux obtenues au moyen du EM100 se décrivent en termes de couverture et de temps; le levé multifaisceaux a fourni une couverture complète du fond en une fraction seulement du temps nécessaire à l'obtention d'une couverture incomplète au moyen du levé à faisceau unique. De plus, les données sur l'amplitude (pseudo-imagerie) fournies par le système EM100 permettaient une certaine interprétation géologique, qui fut plus tard complétée par le Groupe de cartographie océanique de l'UNB.

Il y eut en particulier une journée d'expectative et de surexcitation pendant ces essais. Environ 20 personnes, dont des membres de la marine américaine et des hauts fonctionnaires du SHC, arpentaient la passerelle du Matthew pendant que ce dernier et le DOLPHIN faisaient route à douze noeuds en formation de levé; le DOLPHIN était commandé par ordinateur et les deux bâtiments recueillaient une couverture bathymétrique complète du fond à raison de trois méga-octets à l'heure chacun pendant que le DGPS fournissait le positionnement avec une précision de l'ordre de 5 m, une première dans l'histoire de l'hydrographie.

*Essais en mer, février 1992 :* Ces essais portant sur le DOLPHIN/EM100 et le système manipulateur furent effectués au large de la côte est de Terre-Neuve. Avec la collaboration de la Garde côtière canadienne (GCC), le système manipulateur de la BOT et le DOLPHIN/EM100 furent installés à bord du N.G.C.C. *Sir Wilfred Grenfell*. Le *Grenfell*, un navire d'approvisionnement d'installations au large aujourd'hui utilisé pour la recherche et le sauvetage, offre à la poupe amplement d'espace sur le pont et s'est avéré un navire très stable. Les conditions atmosphériques étaient caractéristiques pour l'hiver dans l'Atlantique Nord; température atteignant moins 20°C sans le facteur de refroidissement attribuable au vent. La vitesse du vent atteignait les 30 à 40 noeuds et des embruns se congelant étaient observés.

Un certain nombre de lancements et de récupérations furent complétés par des états de la mer atteignant jusqu'à 4 (vagues de 3 m de hauteur). Bien que l'état de la mer n'ait pas atteint 5, l'équipage s'est dit très confiant qu'il

aurait pu effectuer les opérations de manière sécuritaire si tel avait été le cas. La vitesse du navire pendant les manipulations était d'approximativement cinq noeuds. Les essais se sont très bien déroulés. Après deux semaines de formation d'un équipage inexpérimenté l'on pouvait compléter en dix à quinze minutes le lancement ou la récupération du DOLPHIN.

Suite à ces essais, certaines procédures n'avaient pas encore été mises à l'épreuve, dont la récupération d'un DOLPHIN en panne par un état de la mer de 5 ainsi que la récupération la nuit; des problèmes d'ordre mécanique se manifestaient de plus avec la grue. Tous ces aspects exigeaient donc d'autres essais en mer.

*Essais en mer, mai 1992 :* Ces essais furent les derniers essais en mer du SCCO. Après certaines modifications du système

manipulateur, des essais en mer d'une durée de deux semaines furent effectués, de nouveau depuis le *Grenfell*, au large de la côte est de Terre-Neuve en mai 1992.

Plusieurs lancements et récupérations réussis ont permis de démontrer que le DOLPHIN pouvait être lancé et récupéré de manière sécuritaire au moyen du système manipulateur. Les opérations la nuit et des épreuves d'endurance d'une durée de 24 heures furent réussies. Des données conformes aux spécifications furent recueillies par des profondeurs atteignant jusqu'à 530 m.

La récupération d'un DOLPHIN en panne au moyen du FLATTS fut également démontrée et bien réussie. Des problèmes mineurs purent être corrigés en modifiant les manières de procéder. Après éjection du projectile FLATTS et de la cordelle, le DOLPHIN ne filait pas la

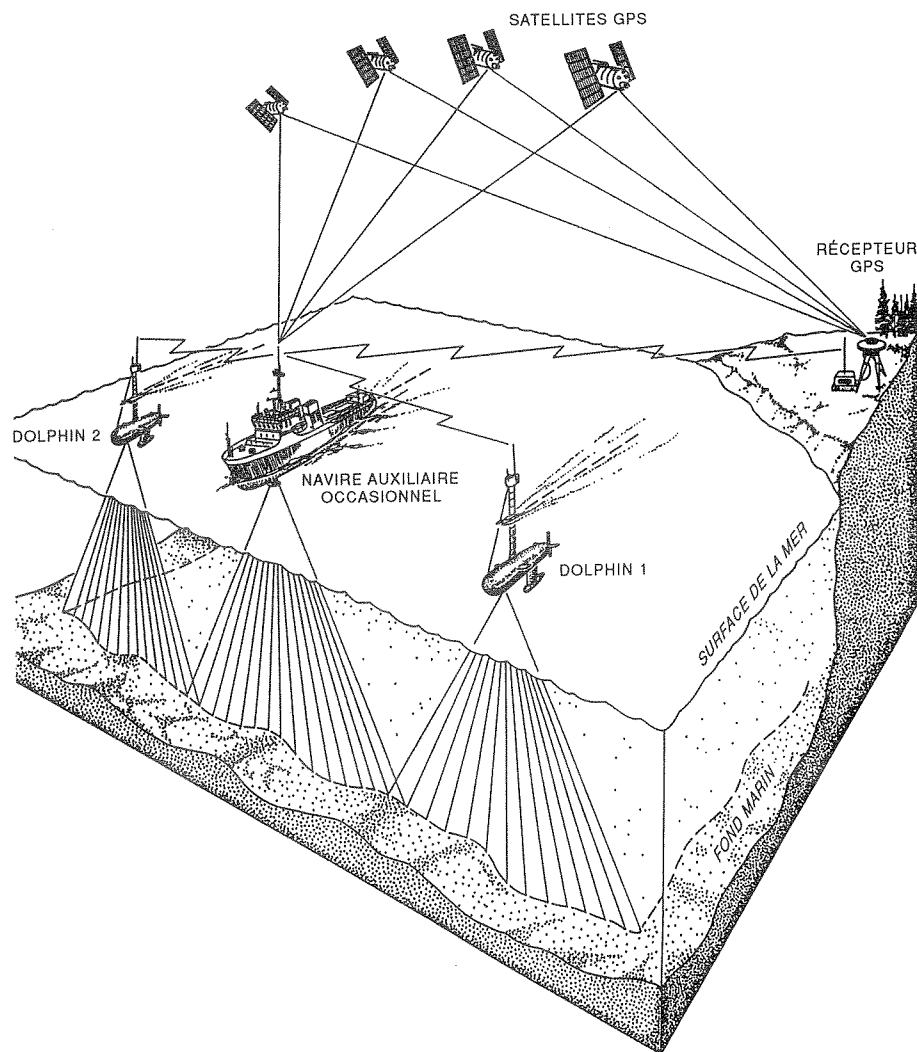


Figure 8. Configuration caractéristique pour deux DOLPHINS et un navire-mère équipés du positionnement par DGPS et assurant une couverture totale du fond. La Geo-Resources dispose maintenant de la technologie DOLPHIN/EM100 qui lui permet d'offrir des services de cartographie océanique à des clients intéressés.

cordelle comme prévu; de plus, la cordelle pouvait s'emmêler sur des projections de la coque du DOLPHIN si laissée à elle-même pendant un intervalle prolongé. Un repêchage le plus rapide possible de la cordelle permettait d'éviter ce problème. Tous les objectifs des essais ont été atteints.

Suite à ces essais, le système complet, incluant trois DOLPHINs et le système manipulateur furent transférés à la Geo-Resources en vertu d'une entente de prêt pour une exploitation plus poussée et la mise en

marché. La Geo-Resources peut maintenant fournir à des clients intéressés des services de cartographie océanique (fig. 8).

#### Autres applications et perfectionnements à venir

En plus de l'hydrographie, le DOLPHIN a été utilisé et mis à l'épreuve pour d'autres applications; il constitue une plate-forme océanique présentant plusieurs utilisations possibles.

En 1991, le MPO a accordé à la Geo-

Resources un contrat visant l'exécution au moyen du DOLPHIN d'une étude du déferlement des vagues. L'objectif consistait à étudier les transferts de gaz entre l'océan et l'atmosphère dans des conditions de déferlement des vagues à la surface. Pour ce faire, divers capteurs, dont un sonar à balayage latéral, des sonars orientés vers le haut et vers le bas, des thermistances, des capteurs de fraction de vide et des caméras vidéo, furent installés à bord du DOLPHIN (fig. 9). Le projet fut couronné de succès. Bien que les conditions de déferlement n'aient pas été idéales, il fut possible de recueillir des données suffisantes pour démontrer la faisabilité de l'utilisation du DOLPHIN dans le cadre de telles recherches.

D'autres organismes se sont montrés intéressés au DOLPHIN, dont les ministères américain et canadien de la défense. Les applications dans le domaine de la défense sont axées sur la lutte contre les mines et en particulier la chasse aux mines. Des systèmes à sonar à balayage latéral ont été installés et mis à l'épreuve par ces ministères et par l'ISER.

Plusieurs entreprises planifient conjointement un projet d'une importance analogue au SCCO dans le cadre duquel le DOLPHIN sera modifié pour y loger un sonar permettant l'évaluation des stocks de poissons, puis mis à l'épreuve en mer dans le cadre d'un projet de recherche de plus grande envergure.

En août 1992, la marine américaine a accordé à la Geo-Resources et à l'USL un contrat de démonstration du système dans les eaux américaines. Deux levés de 24 heures chacun ont été complétés dans la région du canyon Norfolk. Les données fournies par le DOLPHIN/EM100 ont été traitées sur place au moyen du STIH et comparées à des données recueillies au moyen du système multi-faisceaux HYDROCHART à bord du *Whiting* de la NOAA. L'impression générale fut positive et plusieurs personnes ont indiqué que le système DOLPHIN/EM100 «permettrait d'ajouter considérablement aux capacités d'exécution de levés qu'offrent les plates-formes existantes et futures» (Kalcic, 1992). Le projet a été très réussi et a stimulé un intérêt pour le système DOLPHIN/EM100 chez plusieurs organismes américains.

La prochaine étape devrait logiquement consister à installer un EM1000 à bord du DOLPHIN. Le EM1000 est le plus récent système destiné aux eaux peu profondes fabriqué par la Simrad; il permet une couverture du fond d'une largeur égale à sept fois la profondeur dans la plage de 10 à 800 m et fournit une imagerie de grande qualité obtenue par balayage latéral. Les travaux préliminaires de conception en vue de

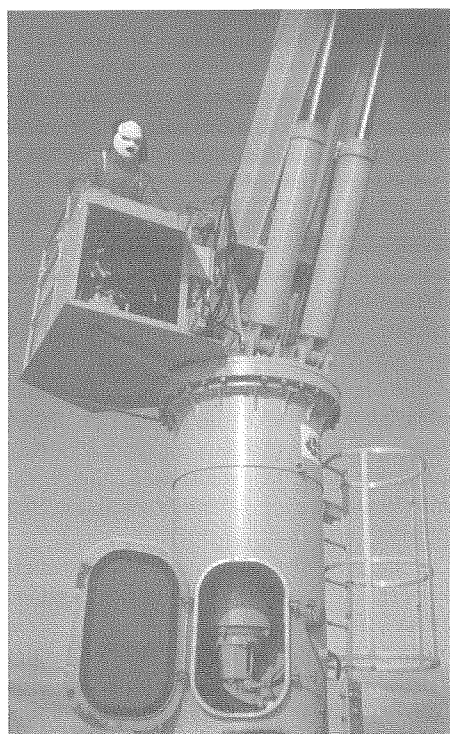


Figure 9. Pour les besoins d'une étude du déferlement des vagues, on a installé un sonar à balayage latéral sur la quille du DOLPHIN, des thermistances et des capteurs de fraction de vide le long de son étai avant, des sonars orientés vers le haut et vers le bas sur son étrave, ainsi que des caméras vidéo au sommet et à la base de son mât. Tous ces appareils ont bien fonctionné et ont permis au DOLPHIN d'enregistrer des données.

L'installation du EM1000 à bord du DOLPHIN ont été complétés dans le cadre du projet d'intégration de l'ISER et celle-ci semble possible avec une nouvelle radio et d'autres modifications mineures (ISER, 1991).

### Conclusion

Le Système canadien de cartographie océanique (SCCO) consiste en un échosondeur SIMRAD EM100 intégré au véhicule sous-marin autonome DOLPHIN. Le système est parfaitement intégré à la navigation au moyen du GPS différentiel et permet une acquisition automatique en temps réel de données bathymétriques et d'une pseudo-imagerie du fond marin. Un système manipulateur a été mis au point pour permettre de lancer et de récupérer le DOLPHIN de manière sécuritaire par des états de la mer atteignant jusqu'à 5. Un nouveau progiciel de traitement, le STIH, a été mis au point pour la gestion des grands ensembles de données recueillis. Le système complet a fait l'objet d'essais poussés en mer. Le DOLPHIN/EM100 a également été exploité depuis une vedette de levés de dix mètres dans le cadre d'applications littorales ou près du rivage. Ce premier système est maintenant en cours de production et il est possible de l'améliorer en lui ajoutant des véhicules pour en arriver à une cartographie rentable du fond marin à l'échelle du globe.



À -20°C et par coups de vents à 35 noeuds, c'est l'opérateur de la grue qui était le plus exposé aux intempéries.

### Remerciements

Plusieurs facteurs ont contribué au succès du SCCO; mentionnons entre autres : un soutien et un engagement énergétique de la part de dirigeants du MPO (Paul Bellemare, directeur de l'hydrographie, région de l'Atlantique et Don Dinn, directeur au génie et services techniques à l'IOB); une collaboration entre ministères et en particulier de la Garde côtière canadienne; une collaboration directe entre le gouvernement, les universités et l'industrie; et, ce qui est plus important, un «engagement à compléter» l'effort de la part de toutes les équipes de projets qui ont en fait accompli le travail.

### References

Brooke Ocean Technology. 1991. Development of a handling system for the semi-submersible DOLPHIN. Phase I Final Report.  
 Clarke, J. H., G. Costello, and L. Mayer. 1991. Ocean mapping: A Canadian perspective. 1991 EEZ Symposium, Portland, OR.  
 Department of Fisheries and Oceans. 1987. An oceans policy for Canada.

Dinn, D. F., R. G. Burke, G. D. Steeves, and A. D. Parsons. 1987. Hydrographic instrumentation and software for the remotely controlled survey vehicle 'DOLPHIN'.

ISER. 1991. DOLPHIN RF propagation report.  
 ISER. 1991. To develop a novel and cost effective hydrographic survey system. Final Report, Contract FP962-0-0037/01-OSC.

Kalcic, M. 1992. Preliminary report of DOLPHIN/EM100 demonstration for the United States Navy.

Lamplugh, M. 1986. DOLPHIN, her next big step. Proceedings, CISM conference:105-117.

Malone, A. K., R. G. Burke, and R. Vine. 1984. DOLPHIN: a proven hydrographic vehicle.

USL, 1992. CARIS HIPS. System overview, March.  
 Ware, C., W. Knight, and D. Wells. 1991. Memory intensive statistical algorithms for multibeam bathymetric data. Computers and Geosciences 17:985-993.

Wells, D., L. Mayer, and J. H. Clarke. 1991. Ocean mapping: From where? To what? CISM Journal ACSGE 45(4): 505-518.



Le N.G.C.C. Sir Wilfred Grenfell, ici dans le port de St. John's, s'est avéré le navire idéal depuis lequel effectuer les essais en mer.



Le DOLPHIN/EM100 manoeuvrant devant la 2e flotte des États-Unis à Norfolk, en Virginie, en route pour le levé du canyon Norfolk en août 1992.

# Le rôle de l'information dans un milieu scientifique

A. Fiander



A. Fiander

Le réseau régional des bibliothèques Scotia-Fundy du ministère des Pêches et Océans (PO) compte trois bibliothèques : celle de l'Institut océanographique de Bedford (IOB), celle du Laboratoire de recherche sur les pêches de Halifax et celle de la station biologique St. Andrews. Le réseau dessert les 1 333 employés de Pêches et Océans, les 132 employés du Centre géoscientifique de l'Atlantique (relevant d'Énergie, Mines et Ressources Canada) ainsi que 19 employés d'Environnement Canada. Les bibliothèques sont de plus fréquentées par des experts conseillers de l'industrie, des étudiants et professeurs des universités de la région, des fonctionnaires provinciaux ainsi que par le grand public.

## Chercheurs scientifiques

Les scientifiques sont des consommateurs voraces d'information. Ils ont besoin d'information pour se tenir au courant de la recherche menée dans le monde, pour explorer de nouveaux domaines et de nouvelles méthodes, pour se familiariser avec la recherche faite ailleurs dans leurs domaines de compétence, pour obtenir des renseignements de base aux fins des projets auxquels ils travaillent et enfin comme source d'inspiration pour de nouveaux programmes innovateurs.

La bibliothèque est depuis toujours le havre de paix où on peut parcourir les revues ainsi qu'un centre de services où le scientifique trouve accès à l'information dont il a besoin. Les scientifiques et les chercheurs fréquentant une bibliothèque spécialisée comme les nôtres demandent sans cesse «Avez-vous ceci?», «Où est-ce?» quand on répond par l'affirmative, et «Quand pouvez l'obtenir?» quand on répond par la négative.

## L'évolution du rôle de la bibliothèque

Les bibliothèques, toutefois, subissent actuellement une métamorphose et sont bien forcées d'amener l'utilisateur à modifier son comportement. Autrefois dépôts de publications, elles sont aujourd'hui davantage des portes d'accès à l'information. Un certain nombre de facteurs induisent ce changement.

Les hausses de prix font qu'il est quasi impossible d'acheter tout ce qui se publie dans un domaine donné, dans le domaine des sciences marines par exemple (tableau 1 et fig. 1) (Hoffer, septembre 1992). Le prix des ouvrages et des revues scientifiques a grimpé au cours des deux dernières décennies trois fois plus que celui des publications de sciences sociales et humaines (Hoffer, février 1992). Des contraintes d'espace rendent difficile la conservation de collections en expansion dans des lieux accessibles. Car, en dépit de l'accroissement des coûts de publication, les livres et revues continuent de proliférer.

Tableau 1  
Hausse du prix des revues, 1992

En Grande-Bretagne	18 %
En Europe	27 %
Aux États-Unis	14 %
Hausse moyenne	de 19 à 20 %

Francis Bacon a écrit que c'est l'ensemble du savoir qu'il voulait saisir. Malheureusement, il n'est plus possible de penser que les bibliothèques puissent être aussi universelles, ou encore qu'elles devraient l'être, même dans un domaine spécialisé et limité.

## Le classique et le moderne

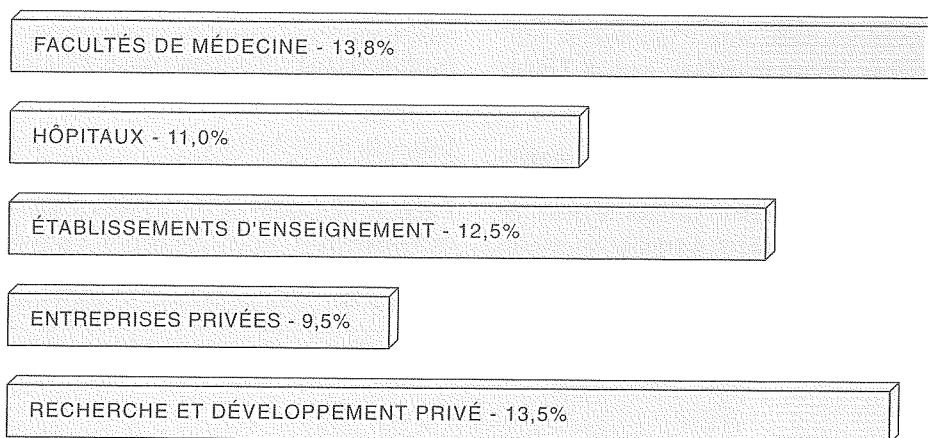
Les bibliothèques comme les nôtres ont un double rôle à jouer dans les années 90. Tout en continuant d'offrir des services classiques comme la référence, les acquisitions et les prêts interbibliothèques, il nous faut également explorer le monde changeant de l'information et déterminer comment, rationnellement et techniquement, nous pouvons offrir le service optimal de manière économique mais efficace.

Le rôle de la bibliothèque moderne repose sur un réseautage efficace. Comme nous ne pouvons plus posséder tout ce dont nous avons besoin pour être autonome, il nous faut créer des réseaux de collaboration avec d'autres bibliothèques dont les collections complètent les nôtres.

## Technologie et information

La technologie et l'information sont aujourd'hui intimement associées. Outre nos propres collections, nos bibliothécaires ont accès en direct à plus de 400 bases de données. Nos scientifiques peuvent pour leur part

## HAUSSE PRÉVUE DES PRIX EN 1993 POUR DIFFÉRENTS GROUPES DE BIBLIOTHÈQUES



(hausse basée sur la valeur en dollars US au 21 février 1992)

Figure 1. Hausse prévue des prix en 1993 pour diverses bibliothèques.

consulter quatre bases de données sur disques compacts ROM.

Un disque compact ROM peut contenir jusqu'à 600 mégaoctets de données, ce qui est l'équivalent de 1 600 disques souples ou encore de 250 000 pages dactylographiées à simple interligne. Les disques compacts sont d'utilisation conviviale : des menus sont proposés, il existe plusieurs options d'affichage et les termes de recherche sont simples. Le disque même est virtuellement indestructible dans des conditions normales et ne nécessite donc pas de manutention ou de traitement spéciaux. Comme il est non magnétique, ses données sont à l'abri des dégradations par les champs magnétiques. Enfin, le disque est de fait un sandwich constitué d'une surface de lecture protégée par un revêtement robuste de polycarbonate et d'aluminium. Les marques de doigt ou les liquides renversés ne risquent pas non plus de dégrader les données qu'il renferme.

La technologie du disque compact plaît au scientifique car elle lui offre la possibilité de mener des recherches bibliographiques dans de grandes bases de données à coûts beaucoup moindres que la consultation en ligne. Les recherches sur disques compacts peuvent également être menées par les bibliothécaires, de sorte que les résultats soient prêts dès l'ouverture de la bibliothèque.

Les bibliothèques de l'IOB, du Laboratoire de Halifax et de la station St. Andrews sont équipées chacune d'un clone IBM PC doté d'un lecteur de disques compacts, et chacune est abonnée à un service de mise à jour de résumés de communications sur disques compacts. Les Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts (ASFA) couvrent de la documentation publiée entre 1982 et 1991, le Wildlife and Fish Worldwide, de la documentation publiée entre 1971 et mai 1991, et les Pollution and Toxicology Abstracts (Poltok I) couvrent les années 1982 à 1991. La base WAVES/VAGUES, base d'information officielle de Pêches et Océans, livre de l'information sur les ouvrages et rapports de toutes les années.

Toutes ces bases de données sur disques compacts renferment des renseignements bibliographiques ainsi que les résumés de livres, de rapports et d'articles de revues publiés dans le monde. La base VAGUES permet en outre de savoir dans laquelle des 13

bibliothèques du MPO à travers le Canada se trouvent les documents recherchés. Cette dernière base de données est une assise importante du réseautage futur des bibliothèques du MPO et est considérée comme un modèle exemplaire du partage de l'information.

### L'avenir

Les bibliothèques auront tendance à livrer de l'information électronique. Les coûts de l'information sur papier continuent en effet de grimper et le prix de l'abonnement à certaines revues scientifiques n'est déjà plus à la portée de nombreux lecteurs. Les budgets des bibliothèques demeurant constants en dépit de l'inflation, le pouvoir d'achat de celles-ci fléchit sans cesse. Elles n'ont alors d'autre choix que d'annuler des abonnements et amorcent ainsi un cercle vicieux, puisque l'éditeur qui vend moins doit augmenter le prix de ses abonnements afin d'amortir ses frais. Il n'est pas économiquement sensé pour lui de continuer à imprimer ses revues, à moins d'être raisonnablement assuré d'un très grand marché. C'est pourquoi de nombreux éditeurs commenceront à publier leurs revues sur support électronique. À mesure que se multiplieront les micro-ordinateurs, les scientifiques auront accès directement, en ligne ou sur disques compacts, à l'intégralité de la documentation et non plus simplement aux notices bibliographiques. Et comme dès aujourd'hui de nombreux chercheurs rédigent et publient leurs communications sur support électronique, la diffusion et même la publication des revues se feront sans aucune impression.

Dans les années 90, davantage de publications existeront sur disques compacts. Même à l'heure actuelle, la version sur disques compacts de nombreuses publications se vend moins cher que la version sur papier. Il en est ainsi de la base ASFA, sans compter que sa version sur disques compacts se consulte plus rapidement et qu'elle demande moins d'espace de rangement.

### Est-ce la mort du livre ?

Le livre a revêtu de nombreuses formes. L'écrit se fit d'abord sur des tablettes d'argile en Mésopotamie, sur des rouleaux de papyrus dans l'Ancienne Égypte et sur peaux de chevreau dans la Grèce antique. L'imprimerie

et les caractères mobiles nous ont donné le livre que nous connaissons aujourd'hui, la composition par ordinateur permettant d'en accroître la qualité et la vitesse de production.

Les médias modernes se plaisent à prédire la disparition du livre dans la prétendue société sans papier. Ainsi, dans les années 70, le papier devait être remplacé par le microfilm et la microfiche. Pourtant le livre sur papier existe encore dans les années 90, mais l'apparition du livre électronique offre des avantages qualitatifs et quantitatifs. Ainsi, les recherches dans une encyclopédie sur disques compacts peuvent s'effectuer rapidement grâce à l'emploi de paramètres logiques simples, ce qui est impossible dans sa version imprimée en 33 volumes. Les livres, revues et index électroniques sont également d'excellents outils de repérage rapide d'une référence ou d'un passage à lire ainsi que de recherche bibliographique. Ils sont de plus moins coûteux que les versions imprimées, prennent moins d'espace et sont portables.

Avant toutefois que les versions électroniques ne supplantent les livres tels que nous les connaissons, il faudra améliorer considérablement l'interfaçage de l'écran d'ordinateur et de l'oeil humain. À ce jour, rien n'est aussi confortable en effet que la lecture de l'imprimé. Le papier ne papillote pas, tandis que l'écran d'ordinateur type affiche chaque seconde de 60 à 72 trames entrelacées. Ce papillotement incessant est perçu comme un mouvement par nos yeux, provoque donc la mobilité constante de la fovéa rétinienne et réduit substantiellement la vitesse de lecture. Dans un livre de bonne impression, le contraste encre/papier est d'environ 120; le contraste des écrans types est d'environ la moitié. Les caractères littéraux et les illustrations d'un livre présentent une résolution d'environ 600 à 1 000 points au pouce, l'écran d'ordinateur offre le dixième de cette résolution, et les livres sur disques compacts encore moins. En raison de ces inconvénients du média électronique, il semble bien que le livre fera partie de notre quotidien pendant encore longtemps!

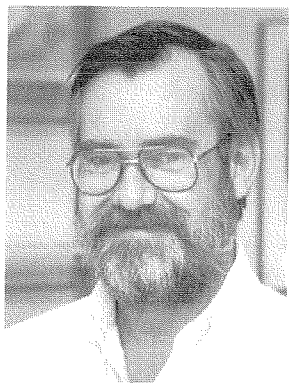
### Bibliographie

Hoffer, H. (rédacteur), Readmore Bulletin, février 1992, Readmore Inc., New York.

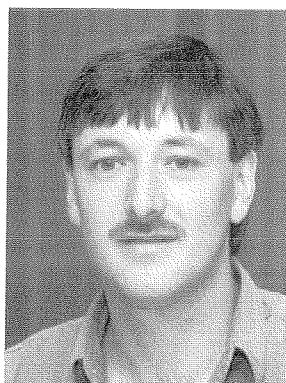
Hoffer, H. (rédacteur), Readmore Bulletin, septembre 1992, Readmore Inc., New York.

## Les systèmes d'information géographique appliqués à la production de cartes marines

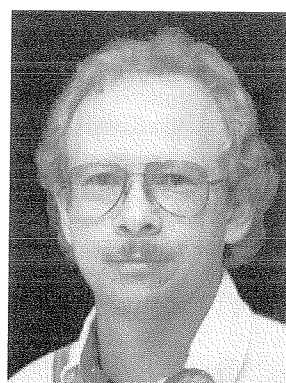
D. R. Frizzle, D. D. Nicholson, S. A. Smith, et H. P. Varma



D. R. Frizzle



D. D. Nicholson



S. A. Smith



H. P. Varma

Pendant des siècles, le sextant et la ligne de sonde ont été les instruments essentiels pour la collecte des données dans le cadre des levés hydrographiques. L'information était recueillie et tracée à la main sur les minutes hydrographiques. Ces représentations des données sur papier étaient photo-mécaniquement ramenées à une échelle commune et compilées sur une unique carte de base appelée mosaïque. Des cartographes choisissaient sur la mosaïque les données convenables et produisaient une carte marine par les méthodes de dessin classiques.

Vers les années 70, les échosondeurs et les systèmes électroniques de positionnement ont profondément transformé l'acquisition des données hydrographiques. Des enregistreurs de données permettant le stockage sous forme numérique d'information sur la position et la profondeur firent leur apparition alors que l'utilisation d'ordinateurs pour la préparation des cadres de cartes et de réseaux Loran permettait d'accélérer le processus de la production des cartes.

Les progrès accomplis en matière de traitement des données vers la fin des années 70 et le début des années 80 permirent de stocker non seulement l'information concernant la profondeur et la position, mais également des attributs complémentaires. Le dessin assisté par ordinateur évolua de manière à toucher pratiquement tous les aspects de la cartographie. Le processus restait cependant axé sur le graphisme (fig. 1).

Dans les années 70, le Service hydrographique du Canada (SHC) pris conscience du fait que toutes les possibilités de l'information numérique n'étaient pas exploitées et il devint

de plus en plus accepté que le mandat du SHC était de constituer une base de données hydrographiques numériques. Les cartes deviendraient l'un des nombreux sous-produits de la base de données destinée à fournir de l'information aux clients.

Du début au milieu des années 80, des expériences de compilation interactive de cartes furent effectuées au moyen du CARIS (Système informatisé d'information sur les ressources, CARIS, Computer Aided Resource Information System). D'importants progrès étaient concurremment accomplis en matière de technologie de saisie de données et l'avènement des systèmes acoustiques de levé par balayage et par secteurs permit de multiplier le volume des données par des ordres de grandeur. La gestion de ces grands ensembles de données était difficile et exigeait un système convenable de gestion de base de données.

Des travaux de conception d'un système de base de données bathymétriques furent

entrepris en 1988. Il fut reconnu que les concepts relationnels en technologie des bases de données étaient les mieux adaptés à cette tâche. La technologie relationnelle de l'époque ne permettait toutefois pas de traiter de grands ensembles de données spatiales.

Les principaux problèmes que posait la gestion des objets spatiaux avaient trait à leurs relations, à leur représentation à leur analyse et à leur extraction. Ces problèmes englobaient :

- comment conserver les objets spatiaux sous un format permettant l'interrogation par l'utilisateur ?
- quel langage d'interrogation utiliser pour les données spatiales et non spatiales ?
- comment dégager les relations spatiales pouvant être analysées ?
- comment produire une image en fonction des conditions d'interrogation ?

Telles furent les principales questions étudiées par le SHC (région de l'Atlantique) et l'Oracle Corp. (Canada) pendant la mise au point d'un prototype de SGIS (Système de gestion de

### MÉTHODES DE PRODUCTION AVANT 1990



### MÉTHODES DE PRODUCTION APRÈS 1990



Figure 1. La création des cartes marines : ancienne et nouvelle méthodes.

l'information spatiale).

Le SGIS est basé sur le concept innovateur de codes hydrographiques hyperspatiaux, ou codes HH. Ces codes sont produits en subdivisant l'espace suivant une approche quadrarborescente, c'est-à-dire par laquelle toute sous-partition représentée est par définition le quart de la partition mère et obtient un code d'identité renfermant les caractères 0, 1, 2 ou 3. Des repartitionnements ultérieurs produisent de nouveaux codes HH dérivés du code existant, les dimensions des carrés étant déterminées par la longueur du code; plus le code est long, plus le carré défini est petit. Les relations sont ensuite formées en mettant en correspondance des codes de longueurs données et en indiquant si les étendues présentent une relation spécifique. Cette méthode permet d'établir des relations entre données ponctuelles sans avoir à utiliser de quadrillages ou de polygones.

Les codes HH permettent d'utiliser avec les bases de données relationnelles un LNI, langage normalisé d'interrogation de base de données relationnelles, pour l'exécution de recherches efficaces dans des ensembles d'informations spatio-temporelles. De telles recherches pourraient par exemple englober :

- l'analyse des différences entre deux ensembles de données spatiales;
- le calcul d'un volume par la sommation de toutes les superficies puis leur multiplication par l'attribut de profondeur;
- la compression de données en subdivisant l'information en pavés statistiques;
- la recherche du voisin le plus proche d'une donnée élémentaire choisie;
- la définition de tendances en fonction du temps;
- l'exécution d'interrogations ad hoc dans plusieurs bases de données réparties.

Les systèmes de gestion de bases de données antérieurement utilisés ne permettaient pas l'exécution de pareilles tâches.

Le LNI a été étendu afin d'incorporer le codage, le décodage, le découpage de fenêtres et la manipulation des codes HH. L'utilisateur

peut travailler avec les systèmes de coordonnées ordinaires, mais le système de gestion de base de données les convertira en une représentation suivant le code HH pour faciliter les opérations à l'intérieur de la base de données.

Des points peuvent également être agglomérés par triage et groupement de codes HH similaires en tableaux (désignés par un nom commun de GROUPE de CODEHH d'une longueur donnée) et par triage indépendant de ces tableaux sur bandes ou sur disques.

L'aspect le plus important de ce système est qu'il permet la mise à jour en différé d'une très grande base de données pour n'appeler qu'au besoin en mode interactif les segments nécessaires. Le prototype permet actuellement de traiter les points, les lignes, les superficies, les volumes et la topologie.

Pendant qu'étaient accomplis des progrès en matière de saisie et de traitement de données, les travaux sur la compilation assistée par ordinateur de cartes marines à partir de données numériques se poursuivaient. Il était à l'origine projeté qu'un expert en compilation cartographique rassemblerait tous les fichiers de données numériques nécessaires pour ensuite les ajuster à la carte par découpage de fenêtres avant d'entreprendre la compilation. Sans un système de gestion de base de données ce plan était cependant voué à l'échec. Au fil des ans, les données recueillies dans une région cartographiée avaient constitué un grand nombre de fichiers numériques. De plus, ces fichiers avaient exigé diverses modifications à mesure que changeait la géographie des régions en cause. Il devenait alors impossible de compiler des cartes à partir des données numériques à moins de pouvoir valider et gérer l'information d'origine.

La validation des sources d'information a été entreprise carte par carte. Cela a permis au SHC d'entreprendre le processus de la compilation interactive tout en préparant l'éventuelle arrivée du système de gestion de base de données. Un groupe spécial a été

constitué au SHC pour la prestation de toute l'information numérique nécessaire. Un fichier électronique est fourni pour chaque carte à l'échelle et suivant la projection nécessaires pour la région en cause; un exemple des données numériques disponibles pour une région cartographiée est présenté à la figure 2a.

À ses débuts, la compilation interactive était virtuellement calquée sur les méthodes classiques de sélection des données. La personne compilant l'information devait revoir visuellement toutes les données pour faire la sélection et dériver des éléments comme les courbes. Cette méthode devient cependant impossible à appliquer à mesure qu'augmente la densité des données recueillies. On le constate à la figure 2a où le volume des données tracées à l'échelle de la carte la rend impossible à lire. Des méthodes informatisées de sélection des données numériques ont été mises au point pour traiter ces densités. Certaines des méthodes qui ont été utilisées sont énumérées ci-après :

- des ensembles pré-déterminés d'attributs ont été utilisés pour exclure les données présentant des attributs non souhaités,
- des spécifications sur la variation de l'espacement combinées à l'introduction d'un biais en fonction de la profondeur ont été utilisées pour sélectionner automatiquement les sondes,
- un réseau de triangulation a été utilisé pour produire automatiquement les courbes bathymétriques et les lignes ont été lissées après traitement.

La figure 2b montre les résultats obtenus au moyen de ces outils de sélection des données. Le produit, bien que non rigoureusement conforme aux normes, ressemble à une carte marine imprimée et est appelé pseudo-carte. La création d'une pseudo-carte est virtuellement automatique. Le produit obtenu après interaction avec l'homme est montré à la figure 2c. Le traitement des données nécessaire pour la production d'une pseudo-carte n'exige cependant que quelques

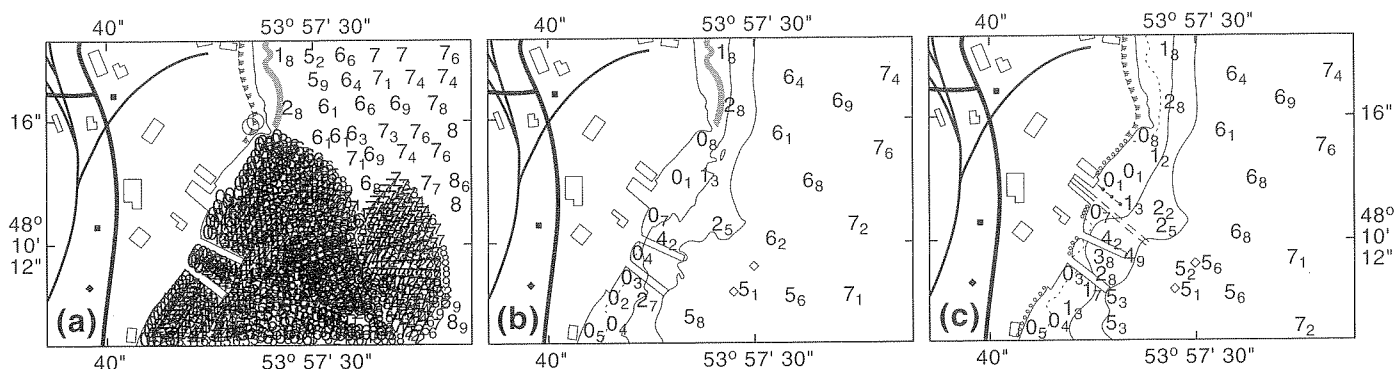


Figure 2. Le processus de compilation



---

heures alors que les produits équivalents préparés à la main exigent des mois de travail.

Après la mise en place d'un système de gestion de base de données relationnelles, les spécialistes de la manipulation des données auront rapidement accès à toutes les données pour une région particulière et pourront au besoin faire appel aux dispositifs d'analyse et de comparaison de données. Cela permettra la prise de meilleures décisions lors de la production de cartes. Un grand nombre des tâches routinières de la production des cartes

seront également effectuées par ordinateur, ce qui accélèrera le processus.

Le SHC recueille et tient à jour une base d'informations très diversifiées, et le nombre des utilisateurs de ces données augmente rapidement. La carte électronique constitue un exemple de la demande changeante pour l'information numérique. Puisqu'une carte occupe de manière caractéristique environ un million d'octets, les 104 cartes de la région de l'Atlantique pourraient théoriquement prendre place sur un côté d'un disque compact ROM.

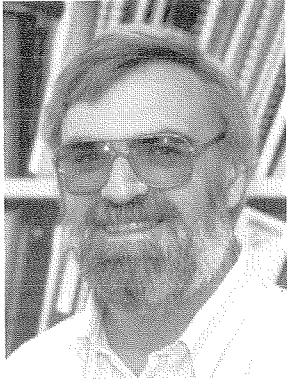
Les instructions nautiques, avis annuels aux navigateurs, tables des marées et autres publications nautiques pourraient également être offerts sur le même support.

Afin de répondre aux besoins des navigateurs et de groupes de clients de plus en plus diversifiés, une base de données complète avec système de gestion efficace est de la plus grande importance. Le Service hydrographique du Canada s'est fermement engagé à atteindre cet objectif.

---

# De la recherche en océanographie à l'océanographie opérationnelle

D. Gregory



D. Gregory

Par ses nombreux programmes de recherche, la Direction générale des sciences physiques et chimiques (DGSPC) à l'Institut océanographique de Bedford met au point les méthodes, et dans un grand nombre de cas recueille les données, nécessaires pour répondre à une gamme étendue de questions dans les domaines des pêches, du climat et des ressources en énergie au large. La fourniture de cette information à d'autres organismes et à d'autres disciplines est l'un des défis que doit relever un laboratoire de recherche. Les clients demandent de plus en plus des produits utiles qui les aideront à solutionner des problèmes comme l'évaluation des stocks de poissons, la détermination des emplacements convenant aux installations d'aquiculture et la modélisation des effets d'un déversement de pétrole. Bien que la disponibilité de réseaux informatiques rapides facilite l'accès aux données, elle introduit également un nouveau facteur de complexité puisque les données et les logiciels nécessaires dans le cadre d'un projet donné sont souvent éparpillés dans un certain nombre de machines différentes.

L'amélioration de la distribution et de l'accessibilité de l'information, au moyen de produits existants ou qui peuvent assez facilement être mis au point, constitue une préoccupation constante. Ces objectifs à relativement court terme englobent des buts bien définis. L'élaboration de l'infrastructure, en matériel et en logiciel, et l'obtention de l'expérience scientifique nécessaires pour faciliter la mise au point de nouveaux produits océanographiques destinés à nos clients constituent l'objectif à plus long terme. C'est dans le cadre de l'atteinte de ces objectifs à court et à long termes que nous aborderons dans le présent article certaines de nombreuses

innovations mises de l'avant par la DGSPC afin d'améliorer l'accès aux données, de fournir des analyses océanographiques et de créer des bases de données environnementales.

## Accès aux données

Les besoins en données océanographiques d'autres organismes et disciplines peuvent être généralement répartis en ceux de clients exigeant des résumés statistiques immédiats et ceux de clients souhaitant des ensembles de données complets à partir desquels effectuer leurs propres analyses. Afin d'informer ces deux groupes de la disponibilité de données et de la manière dont ils peuvent les obtenir, nous travaillons à la mise au point d'un ensemble de répertoires accessibles en direct et décrivant toute l'information en océanographie physique disponible dans notre laboratoire. Ces répertoires renferment des résumés statistiques mensuels détaillés (moyennes et variances, voir Gregory et Smith, 1988) ainsi que des instructions quant à l'extraction d'ensembles de données complets suivant un format adapté aux besoins des clients. Nous travaillons aussi concurrentement à la mise au point de répertoires et résumés statistiques analogues

utilisables sur des ordinateurs personnels et qui peuvent être envoyés à des organismes clients et annuellement mis à jour.

L'un des avantages évidents des ordinateurs personnels est que les répertoires peuvent facilement être intégrés à des bases de données et programmes de cartographie disponibles dans le commerce et relativement peu coûteux, ce qui accroît de beaucoup l'utilité de l'information. Les utilisateurs n'ont pas à se préoccuper de frais de télécommunication ou de délais incommodes résultant du fait que nos installations d'informatique ne sont pas disponibles. Les systèmes de télécommunication doivent être utilisés lorsque des clients souhaitent obtenir des ensembles de données complets, mais dans ces cas il s'agit simplement de présenter à l'ordinateur de l'IOB une demande préparée à partir d'un répertoire. Un exemple des types de produits facilement accessibles par l'entremise de répertoires et d'un programme de cartographie sur OP disponible dans le commerce est présenté à la figure 1, qui indique la répartition et les nombres de mois pour lesquels des données sur les courants sont conservées aux archives de la DGSPC.

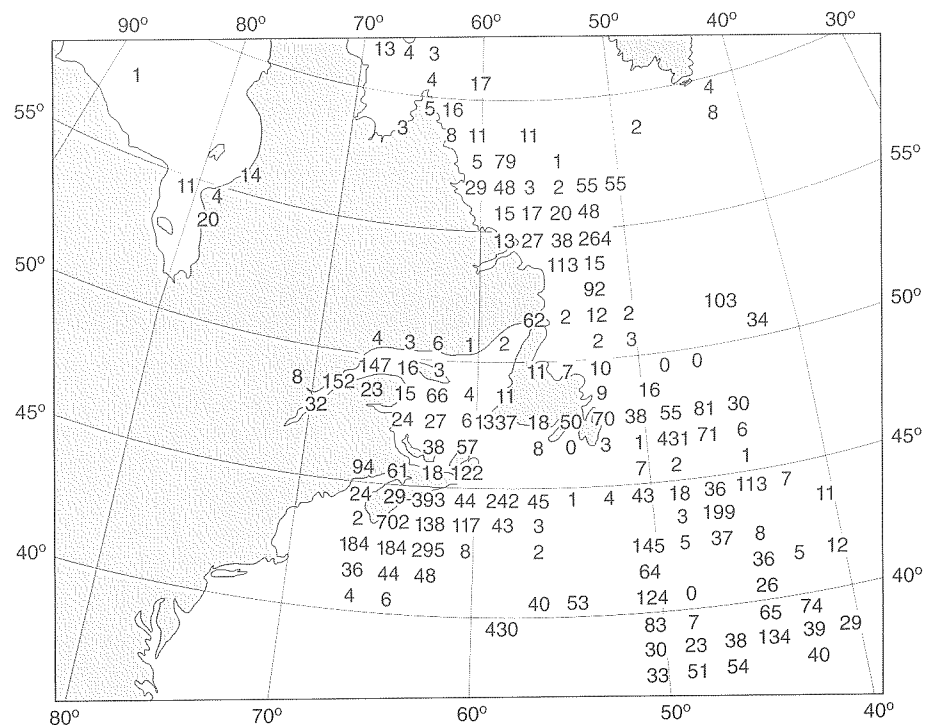


Figure 1. Nombres de mois pour lesquels des données sur les courants ont été observées dans des carrés de 1° de côté au large du littoral atlantique et archivées par la DGSPC.

Des observations simulées obtenues de modèles numériques complètent les données d'observation. Un grand nombre de ces modèles reproduisent les résultats d'observations avec une fiabilité remarquable et deviennent de plus en plus acceptés comme solution de remplacement pour l'information océanographique dans les régions où les données sont rares. Les modèles numériques présentent, une fois vérifiés, un avantage de taille du fait qu'ils permettent une couverture dans l'espace et le temps ainsi qu'une résolution impossibles à atteindre avec les données observées sur le terrain. Les résultats fournis par ces modèles constituent fréquemment l'unique source d'information dans certaines régions et sont ainsi une ressource précieuse. L'inclusion de ces données dans les répertoires accessibles en direct deviendra prioritaire lorsqu'auront été complétés les répertoires concernant les données d'observation.

### Analyses océanographiques

**L'état de l'océan :** Depuis 1984, un groupe de scientifiques à la DGSPC travaille à produire des résumés mensuels de l'état de l'océan décrivant les températures de l'eau en surface, les quantités et les positions des glaces de mer et les positions des fronts en rapport avec d'autres variables de l'environnement comme le vent et les températures de l'air. Les valeurs mensuelles courantes pour la température de l'eau de mer et la couverture glacielle sont comparées aux moyennes à long terme afin de déterminer si les conditions sont normales pour la période en cause. La région d'intérêt s'étend du golfe du Maine aux Grands Bancs et jusqu'au Gulf Stream en direction du large. La principale source de données pour cette analyse est la carte intitulée «Oceanographic Analysis» (analyse océanographique), qui est produite à des intervalles de trois semaines par deux organismes américains, le National Environmental Satellite, Data and Information Service et le National Weather Service. Cette carte est elle-même principalement basée sur l'imagerie infrarouge recueillie par des satellites sur orbites polaires et géostationnaires et préparée par la National Oceanic and Atmospheric Administration. Ces données de satellites sont également complétées par des observations en surface. D'autres données utilisées pour l'analyse ont diverses provenances comme le Centre des glaces du Service de l'environnement atmosphérique et des mesures effectuées sur place par des chercheurs scientifiques et des représentants de l'industrie de la pêche en mer. Le rapport mensuel est expédié à plusieurs consultants en environnement, universités et autres organismes

gouvernementaux ainsi qu'à des clients dans l'industrie de la pêche.

**Aperçu environnemental annuel pour l'OPANO :** Depuis 1982, des scientifiques de la DGSPC fournissent des aperçus annuels des conditions environnementales au Sous-comité sur l'environnement de l'Organisation des pêches dans l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO) (Drinkwater et Trites, 1991). Ces aperçus sont basés sur toute une gamme d'ensembles de données océanographiques et météorologiques, sur des informations présentées dans des rapports nationaux de recherche et sur d'autres documents de recherche préparés pour le Conseil scientifique de l'OPANO. Mentionnons entre autres parmi les ensembles de données :

- températures de l'eau de mer en surface, littoral et au large;
- données hydrographiques des stations océanographiques ordinaires (comme la station 27 au large de St. John's et la station Price 5 à l'embouchure de la baie de Fundy);
- position du front plate-forme/talus et nombre et position des circulations annulaires à partie centrale chaude;
- dates d'apparition et de disparition des glaces de mer;
- nombres d'icebergs;
- champs de pression atmosphérique et de vent géostrophique sur l'Atlantique-Nord;
- température de l'air sur l'Amérique du Nord orientale.

Les conditions environnementales sont comparées à celles de l'année précédente et aux moyennes à long terme.

**Outils d'analyse :** Des formats et des structures de données variés compliquent fréquemment une combinaison de données de différentes provenances afin de les soumettre à une analyse uniforme. Afin de faciliter ce processus, des spécialistes de différentes disciplines à la DGSPC ont consacré au cours des deux dernières années un effort majeur à la mise au point d'un système de gestion d'analyse et de données (O'Neill et Bodner, 1991) radicalement différent des systèmes antérieurs. Plutôt que de mettre au point d'imposants programmes exécutant des tâches spécifiques et exigeant des formats d'entrée et de sortie rigides, les spécialistes ont conçu un logiciel d'analyse respectant de manière rigoureuse les normes de l'ANSI et consistant en un certain nombre de modules ou de fonctions fonctionnant quel que soit le format des données. Les modules peuvent être assemblés de diverses manières pour permettre l'analyse souhaitée.

À mesure que sont mises au point de nouvelles méthodes d'analyse, des modules peuvent facilement être ajoutés au système

sans influencer les modules existants. La composante gestion des données, traitée par le système simplement comme un autre module, permet aux scientifiques de définir la structure des données fournies aux sous-programmes d'analyse. Par cette approche, des données de diverses provenances peuvent être combinées et soumises à une même analyse uniforme sans qu'il soit nécessaire de mettre au point un nouveau logiciel. Le système, qui compte déjà plus de 125 modules océanographiques, a été accepté avec enthousiasme au Canada et a suscité l'intérêt de laboratoires aux États-Unis, en Corée et en Chine.

**Assimilation de données :** L'incorporation de données d'observation à des modèles statistiques ou numériques constitue une autre manière permettant de maximiser l'information que renferme les données existantes. Ce processus peut également aider à déterminer la quantité de données nécessaires pour obtenir un niveau donné de précision ou le point à compter duquel des données additionnelles ne fournissent que des résultats moindres. La méthode de l'incorporation de données d'observation à des modèles, dite «assimilation de données» est utilisée depuis un certain temps en météorologie, mais la méthodologie en est encore au stade de la mise au point en océanographie. L'imminente disponibilité de mesures océanographiques par satellites qui couvriront la totalité du globe et les résolutions spatiale et temporelle sans précédent ont toutefois comme effet l'accélération des efforts d'utilisation de ces méthodes à l'IOB.

Divers aspects des recherches englobent la mise au point d'algorithmes permettant de produire des représentations des vents et des champs de pressions en surface à partir d'imageries de satellites, la combinaison de ces données à des observations sur place et le couplage dans des modèles des deux types de données. L'on étudie des méthodes optimales d'estimation permettant de produire des données suivant des quadrillages à partir de données d'observation généralement non uniformes dans l'espace et le temps et présentant des résolutions et des précisions différentes. Des algorithmes évolués de tri de données sont mis au point afin de permettre d'accéder efficacement à de grands ensembles de données, un étape indispensable à franchir avant qu'il puisse être envisagé d'utiliser comme source de données à gérer et à archiver les grands volumes de paramètres tirés de modèles.

### Indices océaniques

La compréhension des systèmes physiques tirée de l'analyse des données d'observation et de l'utilisation des méthodes de

modélisation permet de résumer la variabilité océanographique pour une grande étendue en un ou plusieurs indices océanographiques, hydrologiques ou météorologiques. Ces indices peuvent ensuite être appliqués à toute une gamme de problèmes, depuis l'évolution à long terme du climat jusqu'à des fluctuations à plus court terme d'un stock de poissons en particulier. En comparant ces indices océanographiques à des successions chronologiques pour des emplacements individuels, il est possible d'établir des emplacements de surveillance permettant de réduire les besoins en programmes de collecte d'observations en masse.

**Un exemple**

Une étude scientifique en cours illustre un grand nombre des progrès mentionnés dans

le présent article (Drinkwater *et al.*, 1990, 1991); elle fait intervenir l'établissement d'une base de données, l'application d'outils d'analyse, le processus de l'assimilation de données et la formulation d'indices océanographiques. Cette étude a pour objet la détermination des échelles temporelles et spatiales dominantes de la variabilité océanique dans la région de Scotia-Fundy pour l'identification des forces régissant les changements climatiques locaux et pour la détermination des facteurs environnementaux à grande échelle influençant à long terme l'abondance des poissons de fond. La région du golfe du Maine a été choisie pour l'étude pilote en raison de sa relativement grande variabilité climatique et de son importance pour la pêche.

Au total, les enregistrements d'environ 55 000 stations ainsi que plus de

600 000 observations de la température et de la salinité ont été obtenus du Service canadien des données sur le milieu marin (SDMM) et du National Oceanographic Data Center des É.-U. Puisque la base de données est étendue à toute la région de la plate-forme continentale, elle englobera approximativement un demi million de stations et cinq millions d'observations. De plus, 25 successions chronologiques prolongées de divers paramètres océanographiques et météorologiques ont été rassemblées dans la base de données des indices climatiques. Certaines de ces successions, comme celle sur les températures de l'eau mer en surface au large du port de Halifax et de St. Andrews (Nouveau-Brunswick) couvrent sept décennies.

Lorsque le système sera parfaitement opérationnel, les scientifiques à l'IOB seront

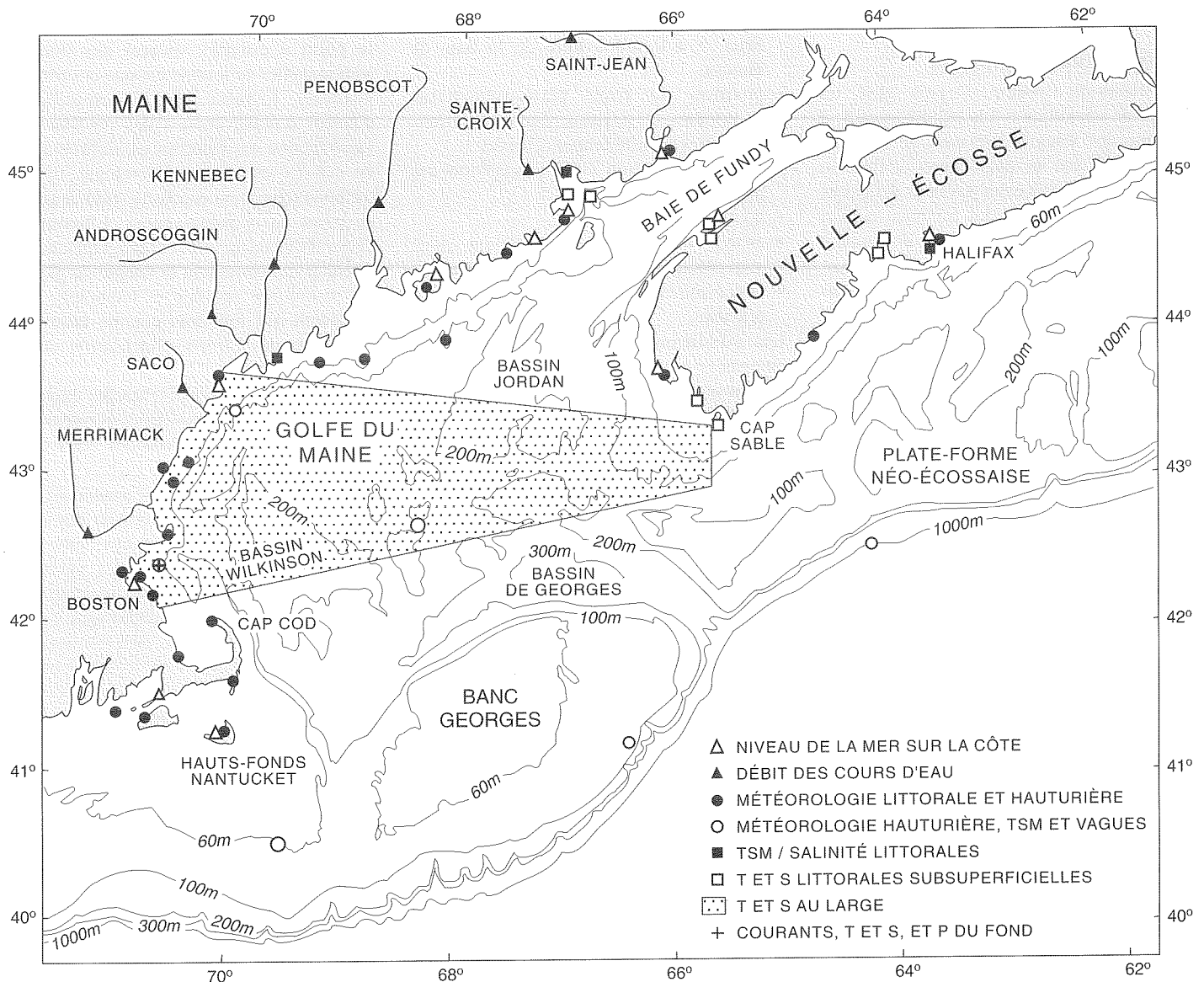


Figure 2. La région du golfe du Maine et les emplacements de surveillance d'un certain nombre de variables physiques.

en mesure de choisir et d'examiner des données directement dans les bases de données du SDMM par l'entremise d'une liaison rapide. Comme dans toute grande base de données, l'identification des données dédoublées ou erronées constitue un problème majeur. Des essais de contrôle de la qualité mis au point par le SDMM, dans le cadre du Projet pilote global sur la salinité et la température, ont été intégrés au système d'analyse de l'IOB afin d'améliorer davantage les données.

Une structure simple de stockage des données a été définie; elle consiste en coordonnées dans l'espace et le temps (latitude, longitude et temps), un nom de paramètre et une valeur du paramètre. Cette structure permet de transférer facilement les données entre le système d'analyse physique (par exemple pour le calcul d'indices climatiques) et une base de données relationnelles (ORACLE) sur laquelle sont fondés les programmes de sciences halieutiques et d'évaluation de stocks. Des volumes choisis

de données sont également transférés par le réseau à un supermini-ordinateur graphique sur lequel est effectuée une interpolation sur quadrillage par des méthodes du voisin le plus proche et d'estimateur optimal à l'appui des études de visualisation. Ces études fourniront des affichages tridimensionnels en couleurs des données ainsi que des animations. Lorsque le projet sera complété, dans quatre ans environ, il aura fourni un système intégrant l'acquisition de données, le contrôle de la qualité, la sélection du volume, des analyses statistiques et des affichages graphiques tridimensionnels de l'océan.

### Conclusion

L'actuelle mise au point de méthodes d'analyse et d'interprétation constitue l'un des domaines les plus excitants de la recherche en océanographie à l'IOB. Elle exige la collaboration de scientifiques oeuvrant dans un grand nombre de disciplines et mènera à une compréhension des processus océanogra-

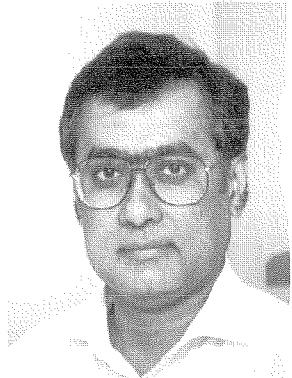
phiques suivant une gamme étendue d'échelles spatiales et temporelles antérieurement non abordables.

### Bibliographie

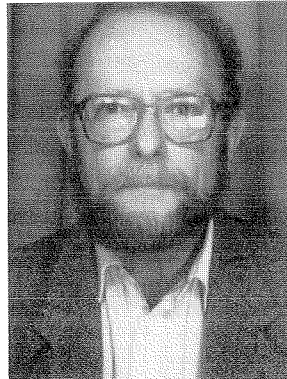
- Drinkwater, K. F., J. W. Loder, C. Mason, B. D. Petrie, and P. C. Smith. 1991. AFAP environmental factors program year-end report – 1990/91. Internal DFO document.
- Drinkwater, K. F., J. W. Loder, B. D. Petrie, P. C. Smith, R. I. Perry, and S. Smith. 1990. Climate variability in the water-mass characteristics of the shelf waters in the Scotian Shelf region. Project proposal, internal DFO document.
- Drinkwater, K. F., and R. W. Trites. 1991. Overview of environmental conditions in the Northwest Atlantic in 1990. NAFO SCR Doc. 91/87:27 p.
- Gregory, D. N., and P. C. Smith. 1988. Current statistics for the Scotian Shelf and slope. Can. Tech. Rep. Hydrog. Ocean Sci. 106:iv+197 p.
- O'Neill, J. T., and J. L. Bodner. 1991. OCEANS – An Oceanographic Analysis System. User Reference Manual, version 1.51.

# La nutrition des poissons et des invertébrés

S. P. Lall et J. D. Castell



S. P. Lall



J. D. Castell

La nutrition est l'ensemble des processus d'assimilation et de transformation des substances alimentaires par une plante ou un animal. Les recherches dans ce domaine intègrent des principes de biochimie et de physiologie à l'étude des relations entre des organismes et leur source de nourriture, notamment l'ingestion, la digestion, l'absorption et l'utilisation de différentes substances chimiques qui constituent les aliments ou dont l'organisme a besoin. Les protéines, les glucides, les lipides, les vitamines et les minéraux sont les matières nutritives nécessaires aux animaux. Il est essentiel de connaître les fonctions de chacun de ces nutriments et leurs relations avant de pouvoir prendre des décisions pratiques concernant la formulation des aliments utilisés dans les études scientifiques sur les poissons et les coquillages, et en aquaculture.

Les premiers chercheurs dans le domaine de la biologie des poissons et de l'aquaculture avaient recours à des aliments naturels ou facilement disponibles comme du foie de boeuf frais, des crevettes, du poisson haché et des déchets de poisson. On peut en dire autant dans le cas des homards. La plupart des homards capturés au Canada sont vendus vivants; aussi doivent-ils être conservés vivants. Traditionnellement, les homards en captivité étaient nourris de déchets de poisson, d'autres aliments de qualité inférieure, ou ne recevaient rien pendant des périodes pouvant atteindre jusqu'à cinq mois. Les pertes attribuables à des maladies ou au cannibalisme étaient souvent assez élevées, et il était raisonnable de supposer que si ces homards recevaient une nourriture appropriée, on pourrait accroître leur taux de survie et leur qualité. Toutefois, ce n'est qu'au début des

années 1970 que des études sur les besoins nutritionnels de ces crustacés ont été entreprises, lorsque, en raison du prix élevé et de la baisse apparente des stocks, le potentiel d'élevage du homard, en Amérique du Nord et en Europe, a suscité un intérêt.

Les biologistes ont d'abord abordé le problème de la nutrition des poissons par l'étude de la composition chimique des aliments naturels et de leur effet sur la croissance et le développement. En 1924, Embury et Gordon ont étudié la composition chimique des insectes, aliment naturel de la truite sauvage, et ont constaté qu'ils se composaient d'environ 49 % de protéines, 15 % de lipides, 8 % de fibres et 10 % de cendres. Les formulations préparées à partir de ces données et administrées aux poissons ont permis une assez bonne croissance, mais lorsqu'on a remplacé le foie et le poisson frais par des suppléments protéiniques dérivés de plantes, on a observé des carences vitaminiques chez le poisson. Toutefois, comme les ingrédients composant les aliments renfermaient des vitamines, il a été impossible de décrire ces carences.

Cette situation a changé en 1957 alors que Halver a élaboré un régime semi-purifié. Les régimes purifiés se composent d'ingrédients de composition connue mélangés dans des proportions pré-établies. Dans des conditions expérimentales, ils permettent un contrôle absolu de tous les aspects de la nutrition des animaux. Toutefois, ils sont très coûteux, et les poissons peuvent refuser de les consommer. Par contraste, les régimes semi-purifiés contiennent une combinaison d'ingrédients naturels et purs. Leur conception peut permettre de contrôler un aspect de la nutrition de l'animal (étude d'une seule

vitamine, peut-être), tout en permettant au chercheur de formuler un régime qui soit naturel à tous les autres égards et qui sera quand même accepté par le poisson. Le régime semi-purifié de Halver a permis d'établir quantitativement les besoins du saumon du Pacifique en vitamines liposolubles et hydrosolubles et en acides aminés. Depuis, des nutritionnistes ont tenté de formuler des régimes équilibrés en choisissant des matières nutritives de sources végétales et animales et en leur ajoutant des vitamines et des oligo-éléments. Nos connaissances des besoins nutritionnels des poissons ont évolué à partir de ces données de base.

Ce qui n'était au départ qu'un désir d'améliorer les régimes alimentaires dans les salmonicultures est maintenant accentué par l'importance des intérêts commerciaux. Les aliments sont le premier poste de dépense d'une production intensive de poissons, et une bonne alimentation influe considérablement sur la capacité du poisson à atteindre son potentiel de croissance et de reproduction. Les aliments et le plan d'alimentation adoptés par les éleveurs de poissons dépendent de leurs objectifs de production, qui eux sont déterminés par le potentiel génétique du poisson, les types d'aliments disponibles et l'environnement local. Nos recherches visaient principalement la formulation d'aliments équilibrés sur le plan nutritif et l'élaboration de plans d'alimentation qui optimiseront la production et donneront un produit de qualité supérieure au plus bas coût possible.

## Recherches sur la nutrition des salmonidés

En 1979, un programme a été entrepris en vue d'élaborer de nouveaux régimes alimentaires qui seraient utilisés dans les salmonicultures du gouvernement fédéral et, incidemment, par les quelques éleveurs commerciaux de saumon atlantique alors en activité. L'enjeu était une meilleure nutrition afin de réduire la fréquence de maladies bactériennes et virales chez les jeunes poissons et d'augmenter la survie et le taux de retour des smolts utilisés dans les programmes de mise en valeur. On avait peu de connaissances sur les nutriments et l'énergie nécessaires aux saumons pour nager, former du tissu nouveau, des muscles, des os, des nerfs, etc. pendant leur développement ou pour cicatriser des lésions, et pour accomplir tous les processus de développement vital normaux, et les

chercheurs ont dû se fonder sur les résultats de travaux effectués sur d'autres espèces. Ces travaux ont en effet donné le coup d'envoi du développement de régimes alimentaires pour le saumon atlantique dans des conditions intégrales d'élevage, notamment des régimes pour l'élevage en eau de mer, c'est-à-dire pour le grossissement jusqu'à la taille commerciale. Ensuite, on a entrepris des recherches exhaustives pour établir la composition chimique et la digestibilité des ingrédients courants composant les aliments, la stabilité des oligo-éléments pendant la transformation et l'entreposage des aliments, et l'appétabilité des protéines végétales et des sous-produits de la pêche. On a également mis au point des aliments adaptés pour chaque stade de développement des jeunes poissons, soit des aliments de démarrage, des aliments de croissance et un régime pour les smolts. Le rendement des poissons auxquels on a administré ces régimes a été évalué dans des conditions contrôlées au laboratoire, par des essais sur le terrain dans des piscicultures fédérales, et plus tard, à la Ferme de démonstration et de développement du saumon de l'Atlantique à Saint-George (Nouveau-Brunswick). Des formules de nourriture sèche et humide, élaborées au Laboratoire de recherche sur les pêches à Halifax, sont maintenant largement utilisées par l'industrie des aliments pour le poisson dans l'Atlantique canadien.

Les aliments secs à base de farine et d'huile de poisson sont transformés en granulés par un processus à la vapeur ou par extrusion. Ils offrent certains avantages, comme une durée de conservation plus longue, et peuvent être utilisés dans des systèmes d'alimentation automatique. Des formulations humides, qui renferment des sous-produits de hareng ou de capelan frais, des espèces de poissons sous-exploitées et d'autres prises accessoires locales, de même que des vitamines et des minéraux, ont été élaborées au départ à l'intention des petites exploitations piscicoles pour pallier le manque de sources locales convenables de nourriture sèche. Comme ils sont à la fois frais et humides, ils s'altèrent assez rapidement et sont plus difficiles à manipuler; ils donnent cependant de très bons résultats, en particulier lorsque l'eau est très froide (fig. 1). La nourriture humide est maintenant produite à l'échelle industrielle et elle constitue la principale source de nourriture des saumons atlantiques élevés en cages marines dans les Maritimes. L'ensilage obtenu à partir des déchets de la pêche au hareng rogué peut remplacer le hareng cru dans les aliments humides puisqu'il offre une bonne source de protéines et de lipides. L'ensilage est obtenu par broyage de

poissons entiers ou de déchets de transformation du poisson en présence d'acides ou de glucides fermentescibles. Des enzymes naturelles décomposent la protéine et liquéfient le poisson, et l'acide empêche l'altération microbienne.

**Besoins nutritionnels du saumon dans l'eau de mer :** La croissance des poissons en eau douce a fait l'objet de beaucoup de recherches; pourtant, peu d'études ont été menées sur les besoins nutritionnels du saumon vivant en mer. Dans des milieux marins, les poissons peuvent prélever certains minéraux (calcium, magnésium, sodium et potassium) directement dans l'eau, mais le phosphore et les oligo-éléments ne peuvent provenir que de leur nourriture (Lall, 1989). Toutefois, le poisson ne peut absorber tout ce qui est ajouté à la nourriture, et l'excédent de phosphore libéré par les aliments non consommés et les excréments enrichit l'eau et favorise la croissance des algues, ce qui détériore l'environnement en aval et engendre une situation inacceptable. On effectue présentement des expériences pour trouver des ingrédients contenant des formes de phosphore très digestibles qui fournissent en même temps la quantité minimale nécessaire au régime alimentaire afin de réduire les répercussions environnementales des écloséries et des fermes marines.

Les salmonidés utilisent les glucides moins efficacement que les animaux terrestres; leur régime alimentaire doit donc renfermer un plus fort pourcentage de protéines, dont une partie peut être transformée en énergie. Les besoins en protéines sont aussi un peu plus élevés en eau de mer qu'en eau douce. Des huiles de poisson marin sont incorporées dans le régime alimentaire comme source d'énergie et d'acides gras essentiels, étant donné que les poissons ne peuvent synthétiser ces derniers. Les lipides contenus dans les aliments sont utilisés plus efficacement que les protéines

comme source d'énergie; les régimes alimentaires commerciaux des saumons contiennent donc une forte proportion de matières grasses (24 à 30%), et ils réservent les protéines pour maximiser la croissance. Chez les saumons, qu'ils soient en eau douce ou en eau de mer, les mécanismes fondamentaux de synthèse et de conversion des acides gras, et la façon dont ils se déposent dans le muscle, sont les mêmes, mais la composition des acides gras chez les poissons élevés dans les deux types de milieux est très différente. (Chez les poissons d'eau douce, les lipides peuvent contenir les acides gras essentiels des séries n-6 et n-3, mais les saumons élevés en eau de mer renferment des proportions plus fortes d'acides gras de la série n-3.)

**Alimentation des géniteurs :** La qualité des aliments consommés par les parents et leur quantité affectent toutes deux la réussite de la reproduction et le développement subséquent des descendants. Les variations de la composition chimique des matières nutritives se traduisent au niveau de la qualité des oeufs (couleur, poids et taille), de la laitance (ou sperme), et de l'alevin nouvellement éclos (Lall, 1991). La fraye épuise physiologiquement les saumons; dans le milieu naturel, la plupart des saumons du Pacifique et quelques saumons atlantiques meurent. Les premiers efforts de rétablissement des charognards (saumons atlantiques qui ont frayé) se sont soldés par une mortalité importante des oeufs de la génération suivante et un faible taux de survie chez les alevins de moins d'un an. Ces difficultés étaient attribuables à des teneurs insuffisantes en zinc, en manganèse et en vitamines A, C et E du régime alimentaire de la mère, et à un transfert insuffisant de ces matières de la mère aux oeufs. Ces résultats ont été pris en compte au moment de la formulation de régimes alimentaires destinés au stock de saumons géniteurs pour l'industrie aquicole (Ritter, 1989).

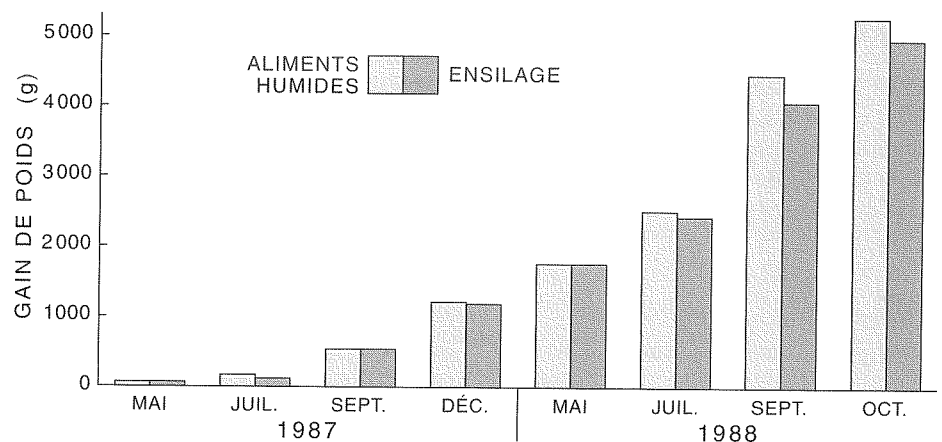


Figure 1. Gain de poids d'un saumon atlantique auquel on a administré des aliments humides et un régime à base d'ensilage pendant une période d'environ 17 mois.

Nous savons maintenant que les acides gras de la série n-3 sont indispensables au régime alimentaire du stock de géniteurs; ils jouent un rôle important à chaque stade de développement des oeufs, et ils sont essentiels pour la fraye normale et pour assurer l'éclosion des oeufs (Leray *et al.*, 1985). Un surplus de glucides dans le régime alimentaire peut être néfaste, car il entraîne des teneurs élevées en glycogène dans le foie et augmente la vulnérabilité aux infections et aux intoxications par des minéraux, comme le cadmium, déjà présents dans la nourriture. Des pigments caroténoïdes, comme l'astaxanthine et la canthaxanthine, dérivés de sources comme les crevettes et le homard, donnent une coloration à la chair du saumon et aux oeufs qui varie du rose au rouge, mais on ne connaît pas le rôle biologique exact de ces pigments. Les matières nutritives essentielles sont critiques pour la qualité des oeufs, et il est important de respecter un taux d'alimentation correct en raison de ses effets sur le nombre d'oeufs produits.

**Le rôle des vitamines et des oligo-éléments dans la réponse immunitaire et la résistance aux maladies :** Les maladies des poissons sont parfois attribuées à un manque en oligo-éléments ou à un déséquilibre, à des carences marginales en vitamines, ou à des aliments rances; ces facteurs sont souvent à l'origine d'une grande proportion de la mortalité liée à des infections dans les fermes d'élevage. Des carences nutritionnelles influent sur l'intégrité de la peau et des tissus épithéliaux et sur la composition des tissus et des liquides organiques, réduisent les sécrétions muqueuses et rendent donc les poissons vulnérables aux infections. Il arrive souvent que des signes de carences nutritionnelles soient masqués par les symptômes d'affections virales ou bactériennes, et pour obtenir un bon diagnostic, il faut procéder à l'examen du sang et des tissus, au dosage des matières nutritives dans les tissus et à une analyse histopathologique.

La plupart des maladies dues à une carence nutritive sont à développement lent, mais il est évident qu'il en va de l'intérêt de l'éleveur de dépister et de traiter ces problèmes le plus tôt possible. On a réussi à déterminer des signes inapparents de carences vitaminiques par mesure de l'activité enzymatique dans les cellules hépatiques, les cellules rénales ou les hématies. Par exemple, l'activité de la transcétolase érythrocytaire est réduite par une carence en thiamine, celle de la transaminase musculaire, par l'absence de pyridoxine, et celle de l'acétyl-CoA-carboxylase hépatique, par une carence en biotine.

Les matières nutritives essentielles et non

essentielles deviennent toxiques lorsqu'elles sont consommées en excès pendant une période prolongée. De plus, une utilisation excessive de stimulateurs de la croissance, d'agents de conservation, de liants (pour accroître la stabilité des aliments) et de suppléments nutritifs peuvent aussi affecter la santé des poissons. Les problèmes de toxicité des matières nutritives sont causés par un surplus de vitamines liposolubles et de sels de cuivre, de sels de sélénium et de sels de fluor. Les produits toxiques naturels présents dans les aliments comprennent des composés d'origine microbiologique (toxines bactériennes, fongiques, algales, etc.), des composés d'origine animale (thiaminase, avidine, etc.) et des métaux lourds non essentiels (plomb, cadmium, mercure, etc.). Des composés toxiques peuvent aussi se former pendant le processus de transformation des aliments et leur entreposage.

Un excellent exemple de prédisposition des poissons à une affection bactérienne à la suite de carences nutritives s'est produit à la station d'élevage de la Margaree. Dans ce cas, nous avons pu montrer une relation entre la teneur en iode dans le régime alimentaire et la fréquence et la gravité de la maladie bactérienne du rein. L'eau et les aliments renfermaient peu d'iode, mais en ajoutant de petites quantités d'iodure de potassium ou de diiodhydrate d'éthylènediamine dans les aliments, il a été possible de contrôler en grande partie l'incidence de la maladie.

### Recherches sur la nutrition des homards

Le Programme de recherches sur la nutrition des invertébrés du Laboratoire de recherche sur les pêches de Halifax a été lancé en décembre 1970. Il portait principalement sur les homards, bien qu'on ait également mis en chantier des projets d'intérêt secondaire sur des mollusques comme les huîtres et les pétoncles. Avant ce projet, le régime alimentaire standard des homards conservés en laboratoire se composait d'un mélange de foie de boeuf et de déchets de hareng, et ils survivaient, leur état général était toutefois piètre en comparaison de celui des homards fraîchement capturés (Stewart *et al.*, 1972).

Dans le cadre d'essais d'alimentation, des homards adultes en captivité ont été soumis à un régime alimentaire à base de caséine (protéine purifiée du lait), qui au départ avait été formulé pour la truite arc-en-ciel. Il a été établi que des protéines devaient constituer environ la moitié du poids sec de la nourriture des homards (Castell et Budson, 1976), que les huiles de poisson contenant des acides gras  $\Omega$ -3 étaient supérieures aux huiles végétales et que la teneur optimale en lipides du régime

alimentaire était d'environ 5 % (Castell et Covey, 1975).

Il a fallu attendre longtemps les résultats de ces expériences étant donné que la croissance n'est observable qu'au moment de la mue qui, chez l'adulte, ne se produit qu'une fois par année environ. Pour obtenir des résultats plus rapides, nous avons décidé d'utiliser des homards juvéniles qui muent environ cinq fois pendant une expérience de trois mois. À cette fin, nous avons dû mettre sur pied une installation de homariculture pour que les animaux d'expérience soient tous de la même taille et du même âge et possèdent le même patrimoine génétique.

**L'importance du cholestérol :** Alors que des homards adultes soumis à un régime alimentaire à base de caséine ont survécu pendant des périodes de plus de deux ans et n'ont subi, semble-t-il, aucun effet nocif, on a constaté rapidement que des homards juvéniles recevant le même régime alimentaire mouraient en moins de deux mois. Cette situation a engendré un grave problème, jusqu'à ce que nous découvrions les facteurs alimentaires responsables de la mortalité. Les effets nocifs possibles du cholestérol sur la santé des êtres humains sont bien connus; aussi, était-il un peu paradoxal de constater que la mortalité des homards était attribuable à une carence en cholestérol dans le régime à base de caséine. L'huile de foie de morue utilisée dans le régime alimentaire contenait 1 à 2 % de cholestérol; pourtant, cette quantité n'était pas suffisante pour couvrir les besoins des homards juvéniles en croissance. Le régime ne renfermait que 0,1 à 0,2 % de cholestérol même dans le cas d'une formulation contenant 10 % d'huile de foie de morue. En fin de compte, nous avons démontré que la quantité de cholestérol requise par des homards juvéniles est d'en-

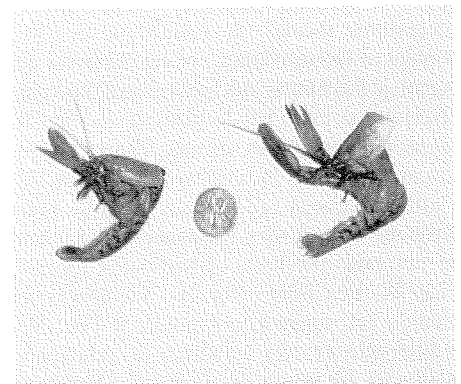


Figure 2. Homards juvéniles victimes du syndrome de la mort pendant la mue après avoir été soumis, pendant 35 jours, à un régime alimentaire semi-purifié à base de caséine. Les animaux étaient incapables de muer complètement.



viron 0,5 % du poids sec de l'aliment (Castell *et al.*, 1975).

**Syndrome de la mort pendant la mue : problème associé à la caséine exempte de vitamine :** Au début, un régime alimentaire à base de caséine auquel on a ajouté 0,5 à 1,0 % de cholestérol a permis une bonne croissance et une bonne survie chez les homards juvéniles. Toutefois, en 1974, une modification de la qualité de la caséine commerciale exempte de vitamine a commencé à entraîner la mort des homards pendant la mue; cet état a été appelé syndrome de la mort pendant la mue (fig. 2).

Il est possible que la mort ait été attribuable à des modifications des propriétés physiques de la caséine, qui restreignaient son aptitude à lier l'aliment et à réduire la perte de matières nutritives hydrosolubles. Des chercheurs de l'Université de la Californie ont établi que l'addition de lécithine de soya (agent émulsifiant insoluble dans l'eau) au régime alimentaire dans une concentration de 6 à 10 % pouvait réduire ou empêcher le syndrome de la mort pendant la mue induit par la caséine. Néanmoins, le problème a stimulé la recherche d'une protéine mieux adaptée. En collaboration avec M. Andrew Boghen, de l'Université de Moncton, le groupe sur la nutrition des invertébrés a trouvé que l'on pouvait obtenir d'excellents résultats en utilisant une protéine extraite du crabe commun (*Cancer irroratus*), proie naturelle du homard (Boghen *et al.*, 1982). En remplaçant la caséine par ce concentré équilibré de protéine de crabe dans le régime expérimental du homard, il n'était plus nécessaire de l'enrichir en lécithine (Kean *et al.*, 1985). De plus, les besoins en protéines sont passés de 50 % à 25 ou 30 %, et les besoins en cholestérol ont été réduits de moitié.

**Oligo-éléments : cuivre, argent et cadmium :** Il est compliqué de déterminer la teneur en oligo-éléments nécessaire dans le régime alimentaire en raison de la présence d'oligo-éléments dans l'eau, et de la capacité qu'ont de nombreux animaux aquatiques de les absorber directement par les branchies et la peau, ou en avalant de l'eau. De plus, il existe parfois une différence ténue entre la quantité requise et la dose toxique. Cette situation a entraîné une étroite collaboration entre les groupes de recherche sur la toxicologie et la nutrition; des données très intéressantes en ont découlé.

Par exemple, chez les homards, le pigment respiratoire (protéine) qui transporte l'oxygène dans le sang est l'hémocyanine, qui contient du cuivre, à la différence de l'hémoglobine des mammifères, qui elle contient du fer. Le groupe chargé de la toxicologie a observé une relation directe, un

équilibre naturel, entre les taux de cuivre et d'argent dans les tissus de plusieurs crustacés (Chou et Uthe, 1978). Comme la teneur en cuivre du régime expérimental administré aux homards juvéniles a été accrue, on a observé une augmentation correspondante de la teneur en cuivre dans les tissus des animaux (en particulier, l'hépatopancréas), qui était elle-même accompagnée d'une augmentation de la teneur en argent (Chou *et al.*, 1981). Puisque le régime alimentaire ne contenait pas d'argent, ce dernier a dû être absorbé par les homards directement de l'eau de mer afin de maintenir l'équilibre argent-cuivre. Même si les homards peuvent absorber le cuivre directement de l'eau de mer, l'addition de 16,2 mg de cuivre par kilogramme de nourriture augmente la croissance, mais un régime alimentaire contenant 40 mg ou plus de cuivre par kilogramme retarde la croissance et diminue la survie. Un supplément d'argent peut compenser la toxicité d'un surplus de cuivre alimentaire.

Les crustacés marins accumulent des oligo-éléments, comme le cadmium, dans l'hépatopancréas; on sait que l'hépatopancréas de homards sauvages peut contenir plus de 700 mg de cadmium par kilogramme (Uthe *et al.*, 1982). Le cadmium est toxique pour les poissons; cependant, un régime alimentaire renfermant 45 mg/kg n'avait aucun effet sur la croissance ou la survie des homards juvéniles, même si la concentration de cadmium dans l'hépatopancréas atteignait 260 mg/kg (Chou *et al.*, 1987). On ne sait pas encore si les homards ont besoin de cadmium, mais il est intéressant de constater que cet élément, qui présente un danger pour les êtres humains, a une marge de sécurité beaucoup plus grande dans le régime alimentaire des homards que le cuivre, qui est un élément essentiel pour ces crustacés. Des déchets provenant des usines qui transforment le homard et la crevette sont souvent utilisés dans les aliments commerciaux destinés aux piscicultures. Puisque ces déchets renferment une grande quantité d'hépatopancréas et peuvent avoir une forte teneur en cadmium, il est essentiel de surveiller les oligo-éléments toxiques, comme le cadmium, chez les poissons d'élevage afin de s'assurer que la consommation de ces produits ne présente aucun danger pour les êtres humains.

**Accélération de la croissance :** La croissance des crustacés comme le homard est régie par une hormone de mue produite par une glande située à la base des antennes, et par une hormone inhibitrice de la mue produite par une glande située dans le pédoncule oculaire. L'ablation de ce pédoncule accélère la mue, mais le homard survit rarement à plus d'une ou deux mues après cette intervention à moins

que l'on ne porte une attention particulière à son régime alimentaire (Mauviot et Castell, 1976). Les homards chez lesquels on a utilisé cette technique d'accélération de la croissance ont atteint une taille commerciale (500 g) en 13 mois comparativement aux trois années nécessaires à des homards intacts élevés dans des conditions identiques. Les homards sans pédoncule oculaire réagissent aussi plus rapidement aux différences dans les régimes expérimentaux (Castell *et al.*, 1976). Des études en collaboration portant sur cette technique ont été menées à la Station de biologie de St. Andrews au Nouveau-Brunswick (Castell *et al.*, 1977), ainsi que chez un grossiste en homards (Bishop et Castell, 1978) et à l'Université Dalhousie (Koshio *et al.*, 1989, 1990).

#### **Élaboration de normes internationales pour les régimes alimentaires expérimentaux :**

Au cours des vingt dernières années, l'équipe de chercheurs sur la nutrition a participé à de nombreux groupes d'étude et de travail internationaux, et elle a ainsi joué un rôle clé dans la normalisation des techniques utilisées en nutrition aquatique. En 1984, une étude coopérative internationale a commencé à évaluer le régime alimentaire à base de caséine enrichi en lécithine (élaboré à l'Université de la Californie) et le régime à base de protéine de crabe (élaboré au Laboratoire de recherches sur les pêches de Halifax) comme régimes alimentaires de référence. Des expériences ont été menées sur 28 espèces différentes de crustacés (Castell *et al.*, 1989; Castell, 1990). D'autres études que nous avons effectuées par la suite en Nouvelle-Écosse, en Californie, en Suède et en Chine ont porté sur les rapports optimaux protéines-énergie, et sur la quantité et le type d'acides gras essentiels nécessaires dans le régime alimentaire des crustacés.

#### **Recherches sur la nutrition des mollusques**

Il est encore plus difficile d'étudier la nutrition des mollusques bivalves que celle des poissons ou des crustacés. Les huîtres, les pétoncles et les moules sont des organismes filtreurs qui ingèrent des micro-algues unicellulaires, des bactéries et des détritiques en suspension. Ils absorbent aussi directement des molécules organiques et des sels inorganiques dissous présents dans l'eau. L'emploi d'aliments préparés entraîne des pertes importantes de matières nutritives hydrosolubles en raison de la taille extrêmement faible des particules. Malgré ces problèmes, nous avons pu démontrer que les huîtres (*Crassostrea virginica*) ont elles aussi besoin des acides gras  $\Omega$ -3 présents dans les huiles marines, plutôt que des lipides du type  $\Omega$ -6 présents dans l'huile de maïs (Trider et

Castell, 1980). Cette conclusion a été étayée en outre par des études dans lesquelles on manipulait la composition lipidique des algues administrées aux huîtres en faisant varier les conditions de culture de ces végétaux (Enright *et al.*, 1986). En raison de la perte de composés hydrosolubles dans l'administration des aliments préparés, il est impossible de déterminer exactement ce qui est consommé par les huîtres. Toutefois, si un certain type de membrane mince pouvait entourer chaque particule d'aliment, le problème des pertes pourrait être résolu.

**Microencapsulation et régime alimentaire à base de microparticules :** On a réussi à encapsuler des aliments dans une fine membrane de nylon-caséine, membrane protéique synthétique renfermant du nylon mise au point à l'Université Laval (Chang *et al.*, 1966). Les premiers essais de ces aliments au Laboratoire de recherches sur les pêches de Halifax ont porté sur des huîtres américaines d'un an et se sont soldés par un taux de survie plus faible et des pertes de poids plus importantes que ceux enregistrés pendant une période d'inanition (données inédites). Toutefois, la biologiste Joan Kean-Howie obtient de bien meilleurs résultats avec des aliments microparticulaires liés à de l'alginate de calcium dans ses recherches sur le pétoncle géant (*Plactopecten magellanicus*). Cette technique est très prometteuse, comme l'étude sur la composition en matières nutritives des algues cultivées et l'effet des différences dans la composition des algues sur la survie, la croissance et la santé des mollusques.

### Nouveaux projets dans le domaine de la nutrition des poissons marins

La possibilité d'élever des espèces comme le flétan atlantique (*Hippoglossus hippoglossus*) a suscité la réalisation de plusieurs projets de recherches au Canada, aux États-Unis et en Europe; notre groupe prévoit maintenant étudier des espèces, autres que des crustacés, dont l'élevage commercial semble prometteur dans l'Atlantique canadien. La difficulté d'élever ces poissons pendant leurs premiers stades larvaires est une pierre d'achoppement dans le développement des techniques de culture des poissons marins. Chez des espèces comme le flétan, les oeufs et les larves sont beaucoup plus petits que chez les salmonidés, c'est pourquoi les aliments destinés aux salmonidés ne conviennent pas du tout. Pour réussir à élever des larves de flétan, on a utilisé des organismes vivants (Artémia, rotifères, algues et copépodes) qui eux-mêmes doivent être élevés ou capturés et concentrés d'une façon ou d'une autre. Ces organismes se caractérisent par une teneur relativement élevée en acides gras  $\Omega$ -3 à chaîne longue.

Dans les années qui viennent, les recherches seront axées sur les facteurs qui régissent la présence de ces acides gras essentiels dans les organismes comestibles vivants, leur transfert dans la chaîne alimentaire, et le développement subséquent de formulations microparticulaires adaptées aux larves et aux juvéniles. Comme dans le cas des salmonidés, la qualité du régime alimentaire des parents sera sans aucun doute un important facteur de la survie des larves de poissons marins d'élevage. La découverte du rôle des lipides dans l'alimentation des stocks de reproducteurs et dans la croissance, la survie et la santé des larves, et l'élaboration de formulations appropriées pour soutenir l'expansion prochaine de l'aquaculture, sont des défis stimulants qui promettent d'être gratifiants.

### Bibliographie

- Bishop, F. J., and J. D. Castell. 1978. Commercial lobster culture feasibility study, Clarks Harbour, Nova Scotia. Fish. Mar. Ser. Industry Report N° 102:v+18 p.
- Boghen, A. D., J. D. Castell, and D. E. Conklin. 1982. In search of a reference protein to replace "vitamin-free casein" in lobster nutrition studies. Can. J. Zool. 60(9):2033-2038.
- Castell, J. D. 1990. Reference diet for crustaceans: Principles of experimentation. In: J. Barret (ed.), Advances in Tropical Aquaculture. Actes de Colloques N° 9:339-354.
- Castell, J. D., and S. D. Budson. 1974. Lobster nutrition: The effect on *Homarus americanus* of dietary protein levels. J. Fish. Res. Board Can. 31:1363-1370.
- Castell, J. D., and J. F. Covey. 1976. Dietary lipid requirements of adult lobsters, *Homarus americanus* (M.E.). J. Nutr. 106:1159-1165.
- Castell, J. D., J. F. Covey, D. E. Aiken, and S. L. Waddy. 1977. The potential for eyestalk ablation as a technique for accelerating growth of lobsters (*Homarus americanus*) for commercial culture. Proc. World Maricult. Soc. 8:895-914.
- Castell, J. D., J. C. Kean, L. R. D'Abramo, and D. E. Conklin. 1989. A standard reference diet for crustacean nutrition research. I. Evaluation of two formulations. J. World Aquacult. Soc. 20(3):93-99.
- Castell, J. D., E. G. Mason, and J. F. Covey. 1975. Cholesterol requirements of juvenile American lobster (*Homarus americanus*). J. Fish. Res. Board Can. 32(8):1431-1435.
- Castell, J. D., J. C. Mauviot, and J. F. Covey. 1976. The use of eyestalk ablation in nutrition studies with American lobsters (*Homarus americanus*). Proc. World Maricult. Soc. 7:431-441.
- Chang, T. M. S., F. C. MacIntosh, and S. G. Mason. 1966. Semipermeable aqueous microcapsules I. Preparation and properties. Can. J. Physiol. Pharmac. 44:115-128.
- Chou, C. L., J. D. Castell, J. F. Uthe, and J. C. Kean. 1981. Dietary copper requirement and possible role of silver in lobster (*Homarus americanus*). In: G. O. Pruder, C. Langdon, and D. E. Conklin (eds.), Proceedings of the 2nd International Conference on Aquaculture Nutrition; Biochemical and physiological approach to shellfish nutrition,

Delaware. 1981. World Aquaculture Special Publication N° 2:414-415.

Chou, C. L., and J. F. Uthe. 1978. Heavy metal relationships in lobster (*Homarus americanus*) and rock crab (*Cancer irroratus*) digestive glands. ICES Statutory meeting, International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen, Denmark. Paper (mimeo.) C.M. 1978/E:15:8 p.

Chou, C. L., J. F. Uthe, J. D. Castell, and J. C. Kean. 1987. Effect of dietary cadmium on growth, survival and tissue concentrations of cadmium, zinc, copper and silver in juvenile American lobster (*Homarus americanus*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45(8):1443-1450.

Enright, C. T., G. F. Newkirk, J. S. Craigie, and J. D. Castell. 1986. Growth of juvenile *Ostrea edulis* L. fed *Chaetoceros gracilis* Schütt of varied chemical composition. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 96(1):15-26.

Kean, J. C., J. D. Castell, A. G. Boghen, L. R. D'Abramo, and D. E. Conklin. 1985. A re-evaluation of the lecithin and cholesterol requirements of juvenile lobster (*Homarus americanus*) using crab protein-based diets. Aquaculture 47:143-149.

Koshio, S., L. E. Haley, and J. D. Castell. 1989. The effect of two temperatures and salinities on growth and survival of bilaterally eyestalk ablated and intact control juvenile American lobsters, *Homarus americanus*, fed brine shrimp. Aquaculture 76:373-382.

Koshio, S., R. K. O'Dor, and J. D. Castell. 1990. The effect of different dietary energy levels on growth and survival of eyestalk ablated and intact juvenile lobsters *Homarus americanus*. J. World Aquacult. Soc. 21(3):160-169.

Lall, S. P. 1989. The minerals. In: J. E. Halver (ed.), Fish Nutrition. Academic Press, San Diego:219-257.

Lall, S. P. 1991. Salmonid nutrition and feed production. In: R. H. Cook and W. Pennell (eds.), Proc. Spec. Session Salmonid Aquac., World Aquac. Soc., February 16, 1989, Los Angeles. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1831:107-123.

Leray, C., G. Nonnotte, P. Roubaud, and C. Leger. 1986. Incidence of (n-3) essential fatty acid deficiency in trout reproductive processes. Reprod. Nutr. Dev. 25:567-581.

Mauviot, J. C., and J. D. Castell. 1976. Moulting and growth-enhancing effects of bilateral eyestalk ablation of juvenile and adult American lobsters (*Homarus americanus*). J. Fish. Res. Board Can. 33:1922-1929.

Ritter, J. 1989. Report of the working group on Atlantic salmon (*Salmo salar*) broodstock development and conservation for the southern New Brunswick aquaculture industry. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1678:vi+24 p.

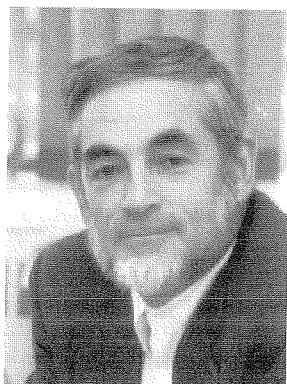
Stewart, J. E., G. W. Horner, and B. Arie. 1972. Effects of temperature, food, and starvation on several physiological parameters of the lobster *Homarus americanus*. J. Fish. Res. Board Can. 29:439-442.

Trider, D. J., and J. D. Castell. 1980. Effect of dietary lipids on growth, tissue composition and metabolism of the oyster (*Crassostrea virginica*). J. Nutr. 110(7):1303-1309.

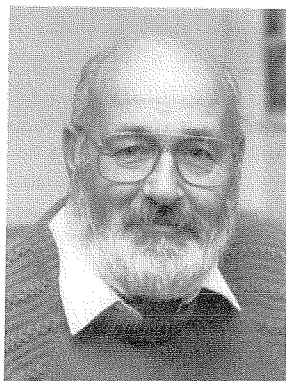
Uthe, J. F., C. L. Chou, D. G. Robinson, and R. L. Lavaque Charron. 1982. Cadmium contamination of Beldune Harbour, New Brunswick, Canada - Studies on American lobster (*Homarus americanus*) during 1981. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1060:iii+10 p.

## La conchyliculture en Nouvelle-Écosse

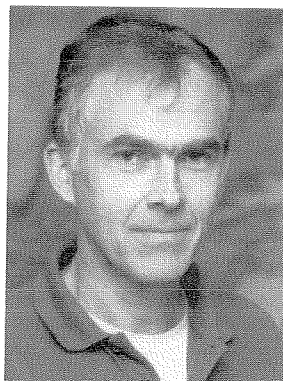
R. E. Lavoie, D. J. Scarratt, K. Freeman et B. Bradford



R. E. Lavoie



D. J. Scarratt



K. Freeman



B. Bradford

La conchyliculture n'est pas une activité récente, puisque les Européens cultivaient déjà les huîtres à l'ère romaine (Barack *et al.*, 1972). En Amérique, l'ostréiculture est pratiquée dans le New Jersey depuis 1810 (Stafford, 1913). Au Canada, elle a commencé officiellement en 1865, lorsque le gouvernement de l'Île-du-Prince-Édouard adopta un règlement sur les baux ostréicoles (Mathieson 1912; Lavoie 1989).

Jusque dans les années 70, l'huître d'Amérique (*Crassostrea virginica*) était le seul mollusque cultivé dans le Canada Atlantique. On en avait encouragé la culture au début du siècle, en grande partie à cause d'une chute vertigineuse de la production d'huîtres sauvages, qui d'un niveau record de quelque 5 860 t en 1882 était tombée à 2 475 t en 1907. Les gouvernements provinciaux se mirent à investir des efforts considérables dans les recherches sur la biologie des huîtres, dans l'adaptation de méthodes de culture importées de France, d'Angleterre, du Japon et des États-Unis, et dans les transferts technologiques aux pêcheurs.

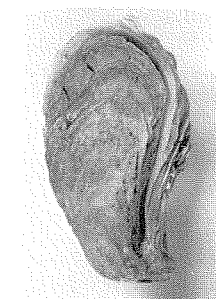
Les premières tentatives gouvernementales d'approvisionnement en naissain aboutirent à l'implantation, sur l'Île-du-Prince-Édouard, d'huîtres importées des États-Unis. Nombreux sont ceux qui croient que cette souche américaine est à l'origine de la maladie de Malpègue, qui détruisit plus de 80 % des stocks d'huître de l'Île-du-Prince-Édouard en 1915, puis en 1936. Quoique la maladie se soit répandue dans les eaux qui baignent la Nouvelle-Écosse continentale en 1954, il semble que les huîtres vivant dans le détroit de Northumberland y aient résisté. Les lacs Bras d'Or sont aussi demeurés exempts de maladie.

La culture de la moule bleue (*Mytilus*

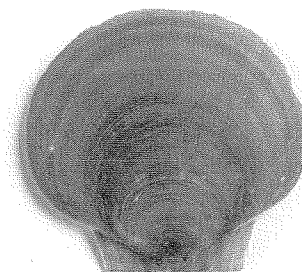
*edulis*) est devenu populaire en Nouvelle-Écosse dans les années 70. Son succès et le désir de diversification de l'industrie suscitèrent un intérêt croissant pour la culture d'autres espèces. À l'heure actuelle, on cultive trois sortes de mollusques en Nouvelle-Écosse : l'huître d'Amérique (*Crassostrea virginica*) et la moule bleue (*Mytilus edulis*), qui sont toutes deux des espèces indigènes des Maritimes, ainsi que l'huître d'Europe (*Ostrea edulis*), qui a été introduite dans la région. La culture de trois autres espèces, soit le pétoncle

géant (*Placopecten magellanicus*), la palourde américaine (*Mercenaria mercenaria*) et le pétoncle de baie (*Argopecten irradians*) est en voie de développement (fig. 1).

Le présent article vise à décrire brièvement la situation actuelle et les possibilités existant en matière de conchyliculture, et à présenter certains résultats préliminaires dans les cultures en voie de développement. On y décrit également les travaux scientifiques en cours et certains des besoins pressants en matière de recherche.



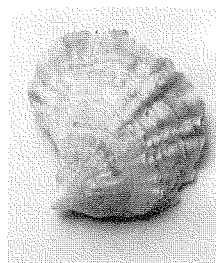
*Crassostrea virginica*  
(huître d'Amérique)



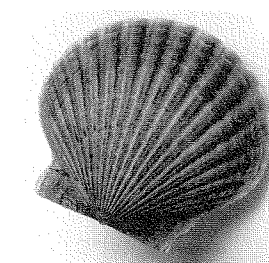
*Placopecten magellanicus*  
(pétoncle géant)



*Mytilus edulis*  
(moule bleue)



*Ostrea edulis*  
(huître d'Europe)



*Argopecten irradians*  
(pétoncle de baie)



*Mercenaria mercenaria*  
(palourde américaine)

Figure 1. Espèces de mollusques actuellement cultivées en Nouvelle-Écosse.

## Les espèces actuellement cultivées : situation et possibilités

**Les moules :** Depuis les expériences réalisées dans les années 70, la mytiliculture a connu une expansion croissante en Nouvelle-Écosse. Les débarquements déclarés de moules d'élevage n'ont cessé de croître depuis 1985, pour atteindre 500 t en 1990 (fig. 2). La cession de baux ostréicoles dans les eaux côtières a d'abord progressé rapidement, mais le développement subséquent des installations d'élevage a été lent. La pleine exploitation des baux existants se traduirait à elle seule par une augmentation représentant de sept à dix fois la production annuelle. De plus, tous les sites se prêtant à la culture en Nouvelle-Écosse ne sont pas occupés. La situation est totalement différente à l'Île-du-Prince-Édouard, province qui dispose de moins de sites d'élevage, mais dont les meilleurs sont pleinement exploités et ont une production déclarée équivalant à dix fois celle de la Nouvelle-Écosse. Les possibilités d'expansion aquicole sont considérables en Nouvelle-Écosse, mais il est difficile de déterminer quand et dans quelle mesure elles se concrétiseront, les décisions des titulaires de baux dépendant d'autres facteurs, essentiellement économiques, mais également reliés au développement des marchés.

Jusqu'ici, la mytiliculture commerciale en Nouvelle-Écosse a souffert des difficultés habituelles qui caractérisent les industries naissantes, notamment d'une réglementation insuffisante ou inadéquate, d'une technologie qui n'a pas fait ses preuves et de politiques commerciales déficientes. La variabilité des prix s'est traduite par l'imprévisibilité des ventes et l'absence de certification du produit a parfois abouti à la production de mollusques de qualité inégale par des éleveurs mal formés

ou des entrepreneurs peu scrupuleux. Compte tenu des problèmes propres à l'industrie des mollusques, comme la crise provoquée par l'acide domoïque en 1987, il est devenu nécessaire de mettre en oeuvre des programmes de surveillance et de recherche pour gagner la confiance du consommateur et réduire l'impact des problèmes éventuels sur le marché.

Cela dit, la mytiliculture ouvre des débouchés à qui cherche à s'éloigner des pêches traditionnelles. L'élaboration de gammes de produits secondaires se traduira par une expansion des marchés locaux, et l'adoption d'une réglementation permettra de garantir que toutes les moules vendues ont été adéquatement cultivées et inspectées, si bien que la confiance du consommateur grandira au fur et à mesure que des produits de haute qualité s'implanteront. Bref, l'avenir de l'industrie s'annonce prometteur.

**L'huître d'Amérique :** En Nouvelle-Écosse, l'huître d'Amérique croît à l'état naturel le long du détroit de Northumberland, depuis la rivière Philip jusqu'au détroit de Canso, et dans les lacs Bras d'Or et la baie d'Aspy, au Cap-Breton. L'espèce est récoltée dans la province depuis longtemps (Stafford, 1913). D'après les statistiques portant sur la période 1876-1909, les débarquements ont atteint leur plus haut niveau en 1891 (392 t), après quoi ils ont constamment chuté. Des conflits juridictionnels entre le gouvernement fédéral et celui de la province ont empêché le développement de l'ostréiculture jusqu'en 1912, année où une modification à la Loi sur les pêches rendit possible la location de parcelles de fond marin aux fins d'élevage des mollusques.

En 1989, on dénombrait 270 baux ostréicoles, visant une superficie totale de

562 hectares de fond marin, en Nouvelle-Écosse. La production déclarée y était de 135 t, représentant une valeur de 210 000 \$. Les ostréiculteurs peuvent se procurer du naissain dans les stocks naturels du Cap-Breton ou ailleurs, auprès d'écloseries. Les méthodes d'élevage font appel à l'utilisation de plateaux installés sur le fond et à la culture sur le fond, ces deux procédés permettant d'obtenir l'huître creuse recherchée par les marchés de la vente sur écailles en Nouvelle-Écosse, au Québec et en Ontario. Parmi les travaux de développement, signalons les expériences de grossissement de juvéniles dans des courants ascendants et des marais salés. La pollution des eaux côtières, le vol d'huîtres sur les sites d'élevage, la qualité inégale et le manque de connaissances de la part des producteurs en puissance constituent des obstacles à l'expansion. Les possibilités sont néanmoins considérables. On estime que les 2 000 hectares de fond marin se prêtant à l'élevage dans la province auraient une production annuelle de 4 000 t d'huîtres. En tenant pour acquis que ces huîtres seraient de qualité adéquate pour être vendues sur écailles, la récolte rapporterait chaque année six millions de dollars.

**L'huître d'Europe :** L'huître d'Europe, ou belon, a été introduite dans les Maritimes à la fin des années 50, son exploitation étant alors vue comme un complément à l'élevage de l'espèce indigène. Elle a été implantée pour la première fois en Nouvelle-Écosse dans les années 70 (Muisse *et al.*, 1986). On estimait qu'elle pouvait être cultivée dans les eaux froides et relativement salées se trouvant entre le détroit de Canso et Yarmouth. Dans les 15 années qui suivirent son introduction, de nombreuses recherches et activités de développement ont été entreprises, si bien qu'en 1983 l'espèce avait été étudiée et mise à l'essai dans 17 sites de la côte Atlantique de la province. Actuellement, 17 concessions, d'une superficie totale de 146 hectares, ont été allouées à la culture du belon.

L'huître d'Europe est très en demande sur le marché, où elle est perçue comme un produit de luxe qui commande des prix fort élevés. Le belon présente aussi l'avantage d'être très recherché en Europe, où les gisements naturels et les stocks d'élevage ont été décimés par la maladie. Aux prix actuels de ce mollusque, l'expédition par avion vers les marchés d'Europe paraît économique.

Pendant longtemps, l'approvisionnement en naissain a été le principal obstacle à la culture de l'huître d'Europe, mais il est maintenant assuré par une écloserie moderne. Les prochaines difficultés à surmonter sont celles de l'élaboration de techniques de culture des juvéniles, de sélection et de mise à l'essai

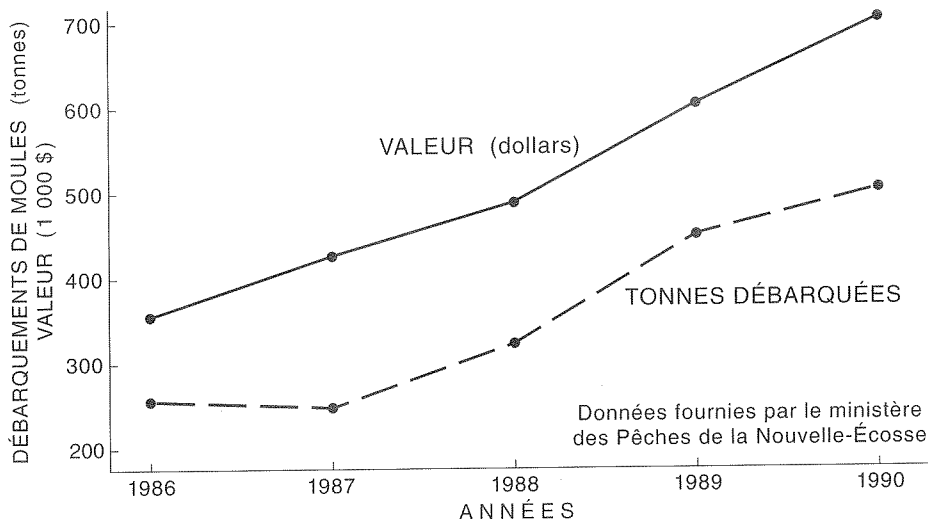


Figure 2. Accroissement des débarquements de moules depuis 1985.

de sites d'élevage dans des zones qui n'ont pas fait l'objet d'études aquicoles et de la formation des nouveaux éleveurs.

### Les espèces en voie d'être cultivées : résultats préliminaires

**Le pétoncle géant :** Indigène dans les provinces Maritimes, ce mollusque résistant au froid alimente une pêche traditionnelle dont le chiffre d'affaires annuel dépasse 100 millions de dollars. C'est aussi un candidat intéressant pour l'élevage (pectiniculture) en raison de son prix élevé et de ses marchés bien implantés.

Le naissain de pétoncle géant destiné à l'élevage est recueilli et engraisé dans des sacs à mailles fines dans la baie de Passamaquoddy, au Nouveau-Brunswick, ou dans la baie de Port-au-Port, à Terre-Neuve. Au bout d'un an, il est transféré dans des paniers japonais (fig. 3), où on le laisse grossir pendant une autre année. Au dernier stade du grossissement, le pétoncle juvénile (40 mm) est transféré dans des paniers lanternes ou sur des lignes en suspension (technique en boucles d'oreilles). Les sites de grossissement doivent être situés dans des baies océaniques à demi abritées où l'eau atteint une profondeur de 10 à 30 m. Le matériel d'élevage est généralement placé bien en dessous de la surface, de façon à réduire son usure, à le rendre moins visible et à offrir des conditions d'élevage optimales.

Les pétoncles de culture peuvent atteindre la taille commerciale (75-90 mm) en 28 à 30 mois (fig. 4). On les vend alors entiers, comme en Europe, ou, s'il existe des problèmes saisonniers ou locaux dus aux toxines, on en vend uniquement le muscle ou noix.

En 1991, deux installations de pectiniculture de la Nouvelle-Écosse approchaient de la production commerciale, tandis que quatre autres étaient en développement. On s'attend à ce que près d'un quart de million de pétoncles soient prêts à être mis en marché en 1993.

**Le pétoncle de baie :** Le pétoncle de baie a été introduit dans les Maritimes à la fin des années 70. Il provenait du sud de la Nouvelle Angleterre (Drinnan, comm. pers.). Ce mollusque suit un cycle biologique annuel. Les larves produites au début de l'été arrivent à maturité d'ici l'automne et fraient avant de mourir le printemps suivant. La brièveté de ce cycle fait du pétoncle de baie une espèce intéressante pour l'aquiculture. C'est en effet le seul mollusque qui produit une récolte industrielle en une seule saison. Le naissain implanté en juin dans des paniers japonais ou des paniers lanternes produit des pétoncles prêts à être vendus en novembre. Les pétoncles de baie ne résistant pas aux vents du nord hivernaux, le stock géniteur doit passer

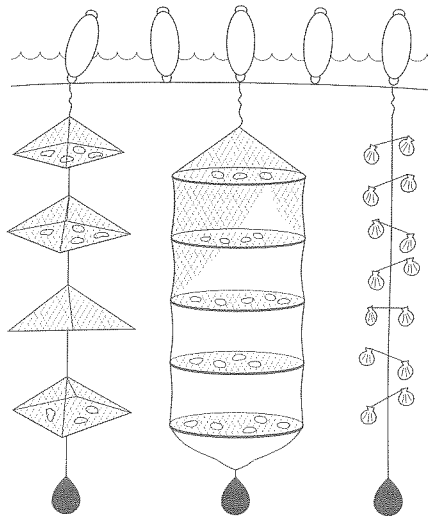


Figure 3. De droite à gauche, schémas de paniers japonais, de paniers lanternes et de lignes d'élevage en boucles d'oreille utilisés dans la culture du pétoncle géant.

l'hiver en éclosérie. On commence la reproduction en février afin d'avoir suffisamment de naissain pour l'ensemencement dès que l'océan commence à se réchauffer.

En 1991, deux éleveurs néo-écossais ont produit environ 15 t de pétoncles de baie. Les incertitudes régnant quant à l'introduction possible de nouvelles maladies ralentissent actuellement l'essor de l'industrie, mais les recherches qui sont en cours devraient permettre de résoudre bientôt ce problème.

**La palourde américaine :** La palourde américaine (ou quahaug commune) est présente à l'état naturel dans les Maritimes, dans les eaux relativement chaudes du détroit de Northumberland et dans les baies peu profondes du nord de l'Île-du-Prince-Édouard. Dans le quart de siècle qui a précédé la décennie 80, les populations naturelles produisaient des débarquements annuels de 250 t. Par la suite, la hausse de la demande et

des prix a porté la récolte à 600 t.

Les expériences de culture de la palourde américaine réalisées aux États-Unis (Carver et Mallet, 1991) ont stimulé ici la recherche sur la production de naissain en éclosérie et sur son ensemencement subséquent. À l'heure actuelle, S.F.T. Venture, de Blandford, est la seule source commerciale de palourdes américaines d'élevage en Nouvelle-Écosse. C'est elle qui a fourni du naissain à Little Harbour Fisheries, entreprise qui procède à des expériences dans un système d'incubation combinant les techniques de courant ascendant et de plateau, puis la culture sur le fond. Cette façon de procéder permet d'obtenir des palourdes de taille commerciale en trois à quatre ans.

### Recherche en cours

**Dimorphisme parmi les moules cultivées en Nouvelle-Écosse :** Les pionniers de la mytiliculture croyaient que la moule présente en Nouvelle-Écosse était *Mytilus edulis*. Or, on a depuis découvert que deux sortes de moule bleue, soit *M. edulis* et *M. trossulus* sont présentes, ainsi que leurs hybrides, dans des proportions variées, le long de la côte Atlantique. *M. trossulus* n'a été découverte que ces dernières années (Koehn *et al.*, 1984), mais il ne fait aucun doute qu'elle est présente ici depuis un certain temps. Certains éleveurs avaient d'ailleurs constaté eux-mêmes que les moules d'une certaine forme (identifiées depuis comme étant *M. trossulus*) tendaient à être brisées par le matériel de transformation, entraînant de ce fait des pertes supérieures à la normale. Une étude récente (Freeman *et al.*, 1991) a par ailleurs révélé que, si l'on considère des moules de même longueur, *M. trossulus* contient moins de chair que *M. edulis*. Quoique les deux sortes de moules vivent dans des zones abritées bien protégées de la circulation côtière générale, un mécanisme, que l'on ne s'explique pas encore, leur a permis de conserver leur identité propre,

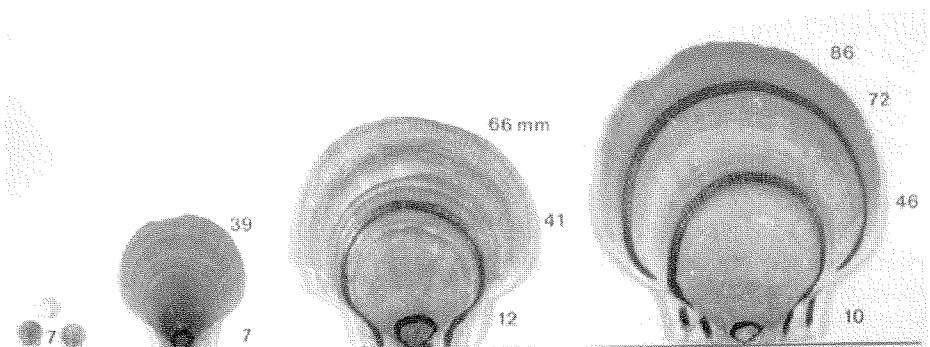


Figure 4. Pétoncles âgés de 7, 12, 24 et 30 mois (mesurant respectivement 7, 39, 66 et 86 mm).

malgré une certaine hybridation.

Les études de laboratoire et de terrain portant sur la reproduction et le recrutement des deux sortes de moule révèlent que leur période de frai est presque identique, comme la durée de métamorphose de leurs larves. Il est donc difficile de séparer le naissain naturel ou de sélectionner de préférence une de ces espèces si la fixation du naissain se produit en même temps chez les deux, à moins qu'on ne puisse tirer parti de différences de comportement entre ces deux sortes de moule. On recueille actuellement du naissain d'un endroit, depuis qu'il a commencé à s'y fixer, en juin 1991; il sera possible de déterminer les proportions respectives des deux espèces dès que les juvéniles seront suffisamment gros pour être analysés. Malheureusement, on ne peut distinguer une espèce de l'autre à l'oeil nu avant qu'elles n'atteignent la taille commerciale. Pour être fiable, l'identification doit recourir à l'analyse des isoenzymes.

**Amélioration du stock géniteur de pétoncles de baie :** Le stock géniteur initial du pétoncle de baie de la Nouvelle-Écosse provient d'une poignée de spécimens introduits d'abord à l'Île-du-Prince-Édouard et élevés en quarantaine pendant plusieurs générations. À certaines périodes, le nombre d'adultes reproducteurs de cette population était très faible. En 1988, on soupçonnait fortement la consanguinité rémanente d'être à l'origine des piètres résultats obtenus en écloserie. En avril 1989, un nouveau groupe de pétoncles de baie adultes fut amené de Cap Cod à la quarantaine du Laboratoire de recherche halieutique de Halifax. Une fois déclaré exempt de maladie, le naissain élevé en laboratoire fut remis à l'industrie afin d'accroître l'ancien stock. Le nouveau stock en est maintenant à sa deuxième génération et donne des résultats assez bons, même si la survie des larves pose encore des difficultés techniques à certaines écloséries.

**Parasites et études de leur transmission :** Malgré les mises en quarantaine et des inspections approfondies, le pétoncle de baie semble être porteur d'un parasite (*Perkinsus karlssoni*), qui est nouveau pour les scientifiques. Ce parasite ne semble pas être dangereux pour le pétoncle et toutes les tentatives expérimentales pour le transférer aux pétoncles indigènes ont échoué.

Cette microsporidie parasitaire est disséminée dans les gonades et autres tissus des spécimens infectés; elle produit des petites cellules biflagellées, collantes et infectieuses. On croit qu'un bon nombre de celles-ci collent à la surface des oeufs ou des embryons, pour les infecter ultérieurement. Le parasite n'a pas été détecté chez les pétoncles de baie de moins de quatre ou cinq mois; on ne sait donc pas à

quel stade se produit l'infection. On cherche actuellement à concevoir une méthode de désinfection des oeufs avant le transfert du parasite à une nouvelle génération. En attendant de comprendre pleinement la nature du processus infectieux et les caractéristiques d'accueil du parasite, on limitera la culture du pétoncle de baie en Nouvelle-Écosse à la douzaine d'installations où il est déjà produit.

**Accumulation et élimination de phyto-toxines dans les moules :** L'accumulation de phyto-toxines est un problème récurrent dans l'industrie des mollusques, mais on croyait que les protocoles établis voilà 50 ans pour déceler l'agent responsable de l'intoxication paralysante par les mollusques (IPM) suffisaient à protéger les consommateurs et l'industrie. Or, la crise d'intoxication amnésique par les mollusques (IAM), survenue en 1987, qui permit de découvrir que l'acide domoïque produit par la diatomée *Nitzschia pungens* est un contaminant possible des mollusques d'élevage, a occasionné une réévaluation de ces protocoles. Un cas plus récent, mais dont on ne peut considérer maintenant qu'il était surprenant, d'intoxication diarrhéique par les mollusques (IDM) – causée par la consommation de moules de la Nouvelle-Écosse – a accru encore l'urgence d'une réévaluation.

Les toxines responsables de l'IPM se fondent étroitement avec les tissus des mollusques et ne sont éliminées que très lentement. En revanche, l'acide domoïque est très soluble dans l'eau et peut être éliminé (par dépuración) assez rapidement (fig. 5). On a accumulé suffisamment de données pour établir un protocole de dépuración des moules contenant au plus 100 mg/kg d'acide domoïque; la méthode fait appel à la remise en circulation d'eau de mer stérilisée. En moins de 48 heures, on peut, par dépuración, réduire la teneur des moules en acide domoïque à

moins de 2 mg/kg, aucune des moules dépurées n'excédant le niveau de référence de 20 mg/kg. Cette solution offre aux installations de mytiliculture contaminées par l'acide domoïque l'espoir de pouvoir demeurer en activité lors d'une prolifération phytoplanctonique et de sauvegarder leurs marchés. Pour établir des protocoles applicables à toutes les espèces de mollusques présentant un niveau élevé de contamination, il faudrait qu'un cas naturel de toxicité d'une certaine envergure se produise, étant donné que les techniques de culture actuelles ne permettent pas de produire l'agent toxique *Nitzschia pungens* en grande quantité. On ne connaît pas les taux d'élimination des toxines responsables de l'intoxication paralysante par les mollusques, mais on compte effectuer des recherches à ce sujet.

## Recherches nécessaires

**Optimisation des méthodes de culture :** La diversité des conditions bathymétriques, des courants, des microrégimes de température et de la production primaire des baies et estuaires où se pratique la mytiliculture est telle qu'il ne suffit pas d'appliquer des méthodes de culture différentes pour optimiser la production. L'élevage en suspension sur des filières est la principale méthode utilisée dans les Maritimes, mais les variations dans la profondeur à laquelle les moules sont placées, dans la longueur des boudins (tubes en filet) où elles croissent, dans la densité de stockage et même dans la variété du naissain peuvent avoir des effets notables sur le niveau de production dans un site donné (Maller et Carver, 1991). On n'a pas essayé toutes les combinaisons possibles de stocks et de sites, et les études comparatives visant à optimiser le rendement des différentes installations se poursuivront. Il importe de déterminer s'il est

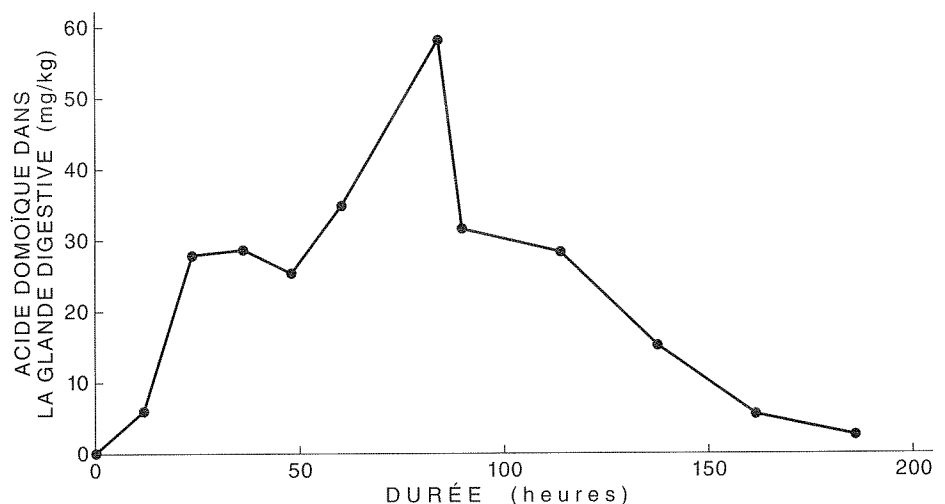


Figure 5. Absorption et élimination d'acide domoïque par des pétoncles de baie à 10°C.

utile de remettre dans les boudins les moules de trop petite taille qui s'en sont détachées à la récolte, particulièrement dans les régions où *M. trossulus* est présente. Puisque celle-ci est une espèce commerciale inférieure, le retour des rebuts de récolte dans les boudins pourrait être contre-productif à long terme. Par ailleurs, on a besoin de méthodes de collecte sélective de *M. edulis* ou d'identification de populations locales pures, au sein desquelles on pourra prélever du naissain pour l'élever ailleurs.

Les éleveurs d'huître d'Europe ont pour leur part besoin de plus d'informations sur les zones de sélection du stock reproducteur, sur l'élevage intensif des larves, sur la survie de celles-ci, sur les techniques d'élevage des juvéniles et sur les rapports proie-prédateurs. La recherche nécessaire portera sans doute sur la nutrition et l'alimentation, ainsi que sur les méthodes et résultats applicables également à d'autres espèces. Enfin, on a aussi besoin de données environnementales détaillées sur les sites de culture possibles, et de critères de sélection des sites de grossissement pour permettre aux éleveurs de savoir où existent les conditions optimales d'ostréiculture en Nouvelle-Écosse.

La recherche sur l'élevage du pétoncle géant a jusqu'ici été réalisée essentiellement par l'industrie. La priorité réside dans la création d'une éclosérie capable de produire une semence de pétoncle supérieure et à croissance rapide, et dans l'élaboration de techniques d'implantation. De nombreux travaux ont été réalisés privément, mais on n'en connaît pas les résultats. Parallèlement à ces efforts, le MPO finance actuellement une étude du littoral de la Nouvelle-Écosse, dans le but de trouver une source fiable de naissain sauvage. Comme les collecteurs de naissain installés dans sept sites n'ont pas produit un bon rendement, il faudra procéder à un échantillonnage plus intensif (M.J. Dadswell, comm. pers.).

Les pétoncles cultivés à titre expérimental en suspension grossissent plus vite que ceux qui sont cultivés sur le fond de mer. À l'échelle industrielle, cependant, cela n'est pas nécessairement le cas et on sait peu de chose de la capacité d'accueil des divers sites. La mortalité est pratiquement négligeable parmi le naissain et les juvéniles, mais elle augmente lorsque le pétoncle approche de la taille commerciale. On ne connaît pas la cause du phénomène, mais il importerait de l'élucider.

Il conviendrait aussi de comparer les diverses techniques d'élevage, y compris les techniques manuelle et mécanique d'élevage en boucles d'oreilles, les différents types et grosseurs de paniers, et la culture sur le fond. Par ailleurs, parallèlement au développement

du marché du pétoncle entier sur écailles, on aura besoin de renseignements sur la durée de conservation et sur les méthodes de transport et de manutention. Il va de soi que la recherche de méthodes d'analyse obligatoires et standardisées de tous les contaminants et toxines possibles des mollusques s'impose.

Le dernier, mais non le moindre, des sujets de recherche est la palourde américaine, dont l'implantation naturelle est capricieuse, ce qui occasionne la destruction d'une bonne part du naissain naturel par les prédateurs. Le développement de l'aquiculture de la palourde américaine dépendra de la production, en éclosérie, d'un approvisionnement fiable de naissain génétiquement amélioré et à croissance rapide, ainsi que de l'élaboration d'une technique d'élevage permettant au naissain de franchir les délicats stades juvéniles. Il importe de poursuivre l'essai de diverses méthodes de culture (incubateurs à courant ascendant, culture sur plateaux et culture sur le fond) et l'évaluation de sites d'élevage.

**Établissement de protocoles de transfert :** La conchyloculture nécessite un transfert régulier du naissain (ou semences) de l'éclosérie ou site de collecte à l'installation d'élevage, et du stock de géniteurs de l'installation d'élevage à l'éclosérie. Or, le processus de déplacement de tout organisme vivant comporte le risque de transfert de maladies et de parasites ainsi que, dans le cas des mollusques, d'autres espèces qui normalement ne vivent pas dans la zone d'accueil. C'est de cette manière que l'on a introduit involontairement en France des maladies des mollusques qui ont abouti à la destruction des stocks d'huître d'Europe.

Il existe donc un besoin pressant de règlements qui permettront d'empêcher que, dans leur zèle à établir de nouvelles industries et à maximiser le potentiel aquicole, les entrepreneurs introduisent des maladies débilitantes ou des pensionnaires étrangers dans leurs stocks d'élevage. Cet objectif pourra être atteint en partie grâce à des modifications au Règlement sur la protection du poisson, qui, pour la première fois, inclura les mollusques et les maladies des mollusques, et exigera que les stocks soient libres d'un certain nombre de maladies et de parasites avant de pouvoir être implantés ou transférés. Des dispositions seront également prises pour que des espèces étrangères ne soient pas transférées en même temps que les mollusques désirés. Même à l'heure actuelle, en l'absence d'une telle réglementation, les exploitants d'éclosérie et les éleveurs, soucieux de ne pas nuire aux stocks existants, soumettent leurs mollusques à des inspections sanitaires. Il reste beaucoup à apprendre au sujet des maladies des mollusques; aussi, dans l'im-

médiat, la prudence est-elle de mise.

**Enrayer les effets des contaminants :** La Nouvelle-Écosse a la chance d'avoir un littoral pratiquement exempt de toute pollution industrielle (hormis quelques exceptions notables). On ne peut, toutefois, en dire autant en ce qui a trait à la décharge d'effluent. À l'heure actuelle, près d'un tiers de la zone côtière de la province est fermée à la récolte des mollusques.

La solution à long terme réside dans de meilleurs systèmes d'épuration à terre, mais certaines possibilités immédiates méritent d'être envisagées. D'abord, on pourrait utiliser ces secteurs côtiers enrichis en substances nutritives comme zone de démarrage du naissain d'un certain nombre d'espèces, avant son transfert dans des sites propres pour l'élevage définitif. On songe notamment au pétoncle de baie, à la palourde américaine et à l'huître d'Europe. Ensuite, on pourrait envisager un plus large recours aux techniques de dépuración pour nettoyer les mollusques qui grossissent et parviennent à la taille commerciale dans les secteurs où la contamination est marginale. Dans certains endroits, il pourrait s'agir là d'une mesure plus rationnelle que l'installation d'une usine d'épuration municipale, qui pourrait même être financée par la municipalité concernée.

## Conclusion

La culture des mollusques en Nouvelle-Écosse a encore des progrès à faire pour atteindre son plein potentiel. L'histoire de l'ostréiculture dans le détroit de Northumberland révèle que le milieu convient à cette activité. La myriade de baies et d'estuaires de la côte Atlantique offre de nombreux sites abrités des tempêtes. Un bon nombre de ceux que l'on trouve sur la côte sud de la Nouvelle-Écosse sont exempts de glace. Pourquoi, alors, le développement de l'industrie est-il si lent ? Peut-être en partie pour des raisons scientifiques et en partie pour des raisons sociales.

Plusieurs espèces sembleraient bien se prêter à l'aquiculture commerciale, ce qui, à longue haleine, permettrait de diversifier sainement les produits de l'industrie. À court terme, toutefois, les tentatives simultanées de développement de l'aquiculture de plusieurs espèces créent une vaste demande d'informations variées. Or, à l'heure actuelle, ni le gouvernement ni l'industrie ne disposent de ressources suffisantes pour acquérir ces informations par la recherche et pour les intégrer aux processus et aux traditions de la conchyloculture.

Il faut essayer et mettre en place de nouvelles structures administratives et juridiques pour protéger et régir les activités

aquicoles afin de veiller à la salubrité et à la qualité des produits. Il convient de sensibiliser les communautés côtières aux besoins et aux avantages de l'aquaculture si l'on désire que celle-ci soit pleinement acceptée et soutenue. Comme toute activité nécessitant l'intervention humaine, la culture des mollusques en Nouvelle-Écosse a besoin d'un plus grand apport de la science, de l'industrie et de la collectivité pour pouvoir atteindre son plein potentiel. Elle reste, cependant, prometteuse et plus attrayante que jamais.

**Bibliographie**

Bardach, J. E., J. H. Ryther, and W. O. McLarney. 1972. Aquaculture: the farming and husbandry of freshwater and marine organisms. Wiley-Interscience, John Wiley & Sons, Toronto, Ont.:868 p.

Carver, C. E. A., and A. L. Mallet. 1991. Assessment of nursery grow-out strategies for juvenile quahogs (*Mercenaria mercenaria*) in Nova Scotia. Nova Scotia Department of Fisheries, Report N° IDD101:22 p.

Freeman, K. R., K. A. Perry, and B. Bradford. 1991. Reproductive aspects of *Mytilus edulis* and *Mytilus trossulus* from a Nova Scotian mussel farm. 14th Annual Fish Health Workshop, Halifax, N.S.

Koehn, R. K., J. G. Hall, D. J. Innes, and A. Z. Zera. 1984. Genetic differentiation of *Mytilus edulis* in eastern North America. Mar. Biol. 79:117-126.

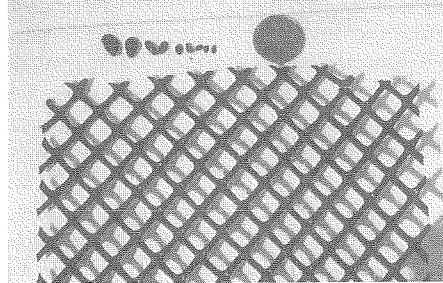
Lavoie, R. E. 1989. Culture of the American oyster (*Crassostrea virginica*). In: A. D. Bohgen (ed.), Cold-water Aquaculture in Atlantic Canada. Can. Inst. Res. Reg. Dev., Univ. de Moncton, Moncton, N.B.:124-155.

Mallet, A. L., and C. E. A. Carver. 1991. An assessment of strategies for growing mussels in suspended culture. J. Shellf. Res. 10 (2):471-477.

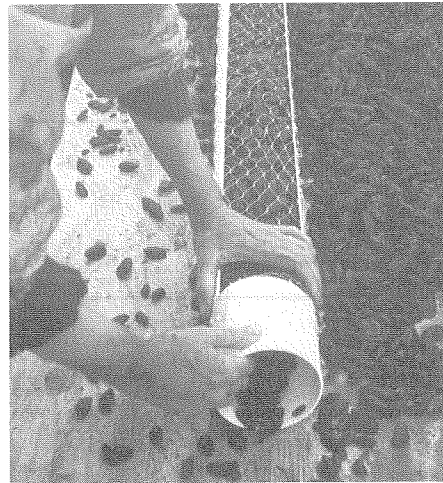
Mathieson, J. A. 1912. Oyster fishery of Prince Edward Island. In: Sea-fisheries of eastern Canada. Commission of Conservation, Mortimer Co., Ottawa, Ont.

Muise, B., L. MacLeod, K. Henderson, and R. Truen. 1986. Cultivation of the European flat oyster (*Ostrea edulis*) in Nova Scotia: general growth and economic model. N.S. Department of Fisheries, Manuscript and technical report series 86-01.

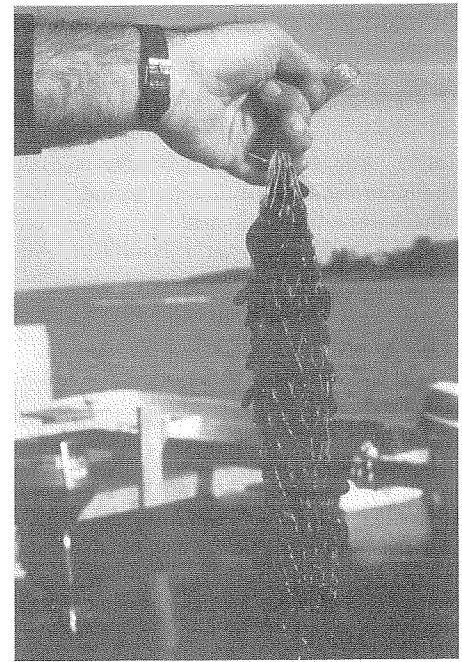
Stafford, J. 1913. The Canadian oyster. Commission of Conservation, Mortimer Co., Ottawa, Ont.:159 p.



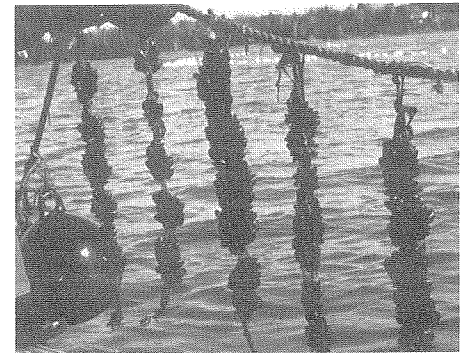
*Les jeunes moules se fixent à des «collecteurs» de plastique.*



*Les moules retirées des collecteurs sont placées dans des sacs en filet appelés «boudins».*



*Les boudins remplis de moules sont suspendus à une ligne principale ou filière.*



*Les moules restent à grossir dans le boudin en suspension sur la filière pendant un an avant d'être récoltées.*

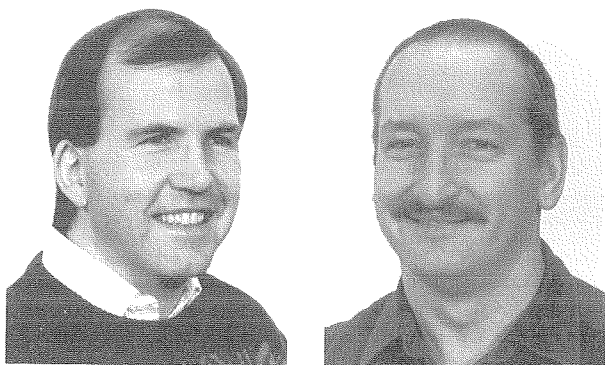


*Les moules croissent sous l'eau, suspendues aux filières attachées à des bouées.*



# Recherche sur l'écologie de l'habitat du homard dans la baie de Fundy

P. Lawton et D. A. Robichaud



P. Lawton

D. A. Robichaud

Il est difficile d'appréhender la totalité des besoins de *Homarus americanus* en ce qui a trait à l'habitat. Cet animal obéit à un cycle vital complexe (*sensu* Wilbur, 1980) comprenant un stade larvaire pélagique, une métamorphose avant l'implantation (Charmantier *et al.*, 1991), et une longue phase biologique benthique. Au cours de cette phase benthique, la longueur de la carapace (LC) du homard peut passer d'environ 5 mm (au moment de l'implantation du crustacé) à plus de 250 mm (Wolff, 1978). Par ailleurs, on estime que la durée de vie naturelle du homard s'échelonne entre 20 et 100 ans (Elner et Campbell, 1991). Des homards dont la LC est supérieure à 200 mm sont couramment capturés au moyen de casiers de profondeur et d'engins mobiles dans la baie de Fundy et dans les pêcheries hauturières canadiennes. Dans les études que nous avons effectuées par plongée de 1989 à 1991, la LC des homards capturés dans les eaux peu profondes de la zone côtière (moins de 20 m de profondeur) s'échelonnait entre 5 et 217 mm. Il apparaît clairement que toute étude de l'écologie de l'habitat du homard doit s'articuler autour de stades biologiques bien définis.

En se fondant sur leur propre expérience et sur une étude de la documentation existante, Wahle et Steneck (1991) ont établi qu'il existe trois phases biologiques benthiques. La première va de l'implantation du homard au moment où il atteint une LC d'environ 40 mm, et constitue peut-être la période la plus énigmatique du cycle vital du homard. Les homards de la deuxième phase, ou phase d'adolescence, sont des homards pré-reproducteurs plus gros qui sont prédominants dans les habitats côtiers. Fousseurs nocturnes (Lawton, 1987), il ne parcourent toutefois

guère plus de quelques kilomètres en un an (Campbell et Stasko, 1986). Enfin, ayant atteint la maturité sexuelle, qui varie selon la température et le lieu (Aiken et Waddy, 1980), les homards de la troisième phase, ou phase de reproduction, sont plus mobiles, s'aventurant dans des eaux plus profondes, voire en haute mer (Campbell et Stasko, 1986) ou évoluant, selon des migrations saisonnières distinctes, entre les hauts-fonds et les eaux profondes (Campbell, 1986).

La Section des poissons invertébrés de la Station biologique de St. Andrews formule des avis biologiques sur la pêche du homard dans la baie de Fundy, dont les débarquements déclarés se sont établis en 1989 à 984 t, représentant une valeur de 6,9 millions de dollars. Les autres zones de pêche de la région de Scotia-Fundy sont observées par les scientifiques du Laboratoire de recherche halieutique de Halifax, qui ont leurs propres programmes de recherche s'inscrivant dans le contexte général de l'écologie de l'habitat du homard. Les travaux effectués par l'équipe de la Station de St. Andrews ont ceci de particulier : en plus de cadrer avec le mandat d'évaluation des pêches, ils servent aussi à répondre aux demandes d'avis au sujet des impacts possibles de l'intense aquiculture du saumon locale sur la pêche du homard. Cook et Lavoie (1991) ont brossé un tableau de l'évolution récente de l'aquiculture dans la baie de Fundy.

Beaucoup sont d'avis que l'aquiculture du saumon a peu ou pas d'effets nuisibles sur le homard. Nérophage mobile et opportuniste, celui-ci peut fort bien immigrer dans les zones aquicoles pour tirer parti de l'accroissement local de la production benthique ou, au contraire, émigrer si la

qualité de l'environnement se détériore. Il n'en reste pas moins qu'à leur première phase benthique et au stade de la reproduction, les homards (en particulier les femelles porteuses d'oeufs ou femelles oeuvées) utilisent leur habitat de façon telle qu'ils peuvent être plus susceptibles aux changements dans la composition du milieu benthique, comme ceux qu'occasionnent l'élevage du saumon.

## Homards du début de la phase benthique

Une fois installé au fond, au stade post-larvaire (Wahle et Steneck, 1991), le homard en début de phase benthique a un style de vie énigmatique. Il peut continuer à se nourrir de plancton en suspension (Lavalli et Barshaw, 1989) avant de devenir pleinement un fouisseur benthique (Elner et Campbell, 1987). Les quelques études sur le terrain réalisées jusqu'ici révèlent que les fonds rocheux de 5 à 10 m de profondeur, en particulier ceux de galets, sont des habitats de prédilection.

L'hypothèse avancée par Wahle et Steneck (1991), selon laquelle la disponibilité de l'habitat en phase benthique initiale peut être une ressource limitative pour le homard, n'est pas unanimement acceptée par les spécialistes de la biologie du homard. La recherche sur le début de la phase benthique qui est actuellement en cours à la station de St. Andrews vise notamment à résoudre la question à long terme. Les homards de la phase benthique initiale ont une mobilité restreinte, sont à la merci des prédateurs et occupent des habitats rocheux côtiers à longueur d'année. Il se peut donc qu'ils souffrent des changements survenant dans l'état du fond marin et de la plus grande abondance des prédateurs à proximité des sites d'élevage du saumon.

Entre 1989 et 1991, des études synoptiques en plongée ont été effectuées aux alentours des îles de Fundy, dans la baie du même nom (de l'île de Campobello à Point Lepreau). La méthode employée consistait à capturer les homards de toutes tailles présents dans des bandes (150 m x 2 m) perpendiculaires à la côte, dans des profondeurs allant de 20 m à la laisse de basse mer. Cette technique d'échantillonnage, estimait-on, permettait d'obtenir des estimations quantitatives de la densité des homards dont la LC était supérieure à 40 mm. Même si les petits homards (jusqu'à 7 mm de LC) étaient courants, on n'en a pas tenu compte dans les

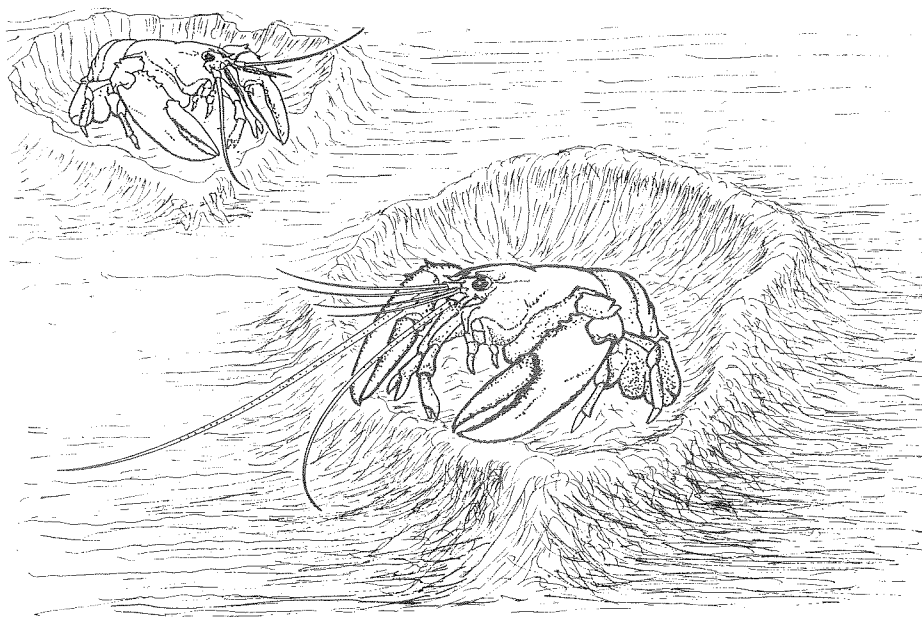


Figure 1. Homards occupant des cuvettes qu'ils ont creusées dans le substrat de sable ou de boue de l'anse Flag, sur l'île de Grand Manan (dessin de D.E. Aiken, Station biologique de St. Andrews)

estimations quantitatives. Il a été établi que les juvéniles étaient les plus abondants (environ 2 par m<sup>2</sup>) dans les baies et le long de la côte du Nouveau-Brunswick. Dans la baie de Passamaquoddy, des densités comparables n'ont été constatées que dans la partie nord (Kawton et Robichaud, non publ.). L'information recueillie au cours de ces études a été abondamment utilisée lors de consultations entre divers organismes et l'industrie au sujet des sites aquicoles de la région des îles de Fundy. Si on capture des homards de LC inférieure à 40 mm dans un habitat benthique, on peut en déduire que l'implantation post-larvaire s'est produite à cet endroit. Des dénombrements directs du homard au stade post-larvaire ont été effectués dans les environs de Beaver Harbour en 1991, au moyen de pressostats (d'après un modèle conçu par Benson, 1989) et de protocoles d'échantillonnage semblables à ceux qu'avaient utilisés Whale et Steneck (1991). On a trouvé des homards du début de la phase benthique dans des habitats de roches et de galets à des profondeurs de 10 à 15 m, à raison de 3,95 homards/m<sup>2</sup> (l'écart-type étant de 3,89 homards/m<sup>2</sup>) dans 78 quadrats. Cette découverte remet en question les spéculations de Wahle et Steneck (1991), selon lesquelles il n'y aurait pas d'implantation post-larvaire dans la baie de Fundy et la population de homard qui s'y trouve serait due à l'immigration de homards de stade benthique.

### Homard de la phase de reproduction

Les homards de la phase de reproduction

sont généralement considérés comme des animaux relativement solitaires et très migrants. Pourtant, des expériences de marquage et des études en plongée réalisées à la fin des années 70 et au début des années 80 ont révélé que le homard suit un régime intrigant de migrations saisonnières et reliées à la température entre les hauts-fonds et les eaux profondes sur la côte est de l'île de Grand Manan. Des regroupements saisonniers de homards en phase de reproduction, en particulier de femelles oeuvées, ont été découverts dans les eaux peu profondes (moins de 20 m) aux alentours de North Head, Grand Manan (Campbell, 1990). Postérieurement à ces études, on a établi une petite installation d'élevage du saumon près de cette zone de frai et d'incubation du homard.

Au début de 1989, un projet d'agrandissement de l'exploitation de l'installation aquicole en question a fait l'objet d'un examen par l'organisme fédéral-provincial compétent et a été subséquemment approuvé. À cette occasion, on a demandé à l'équipe de la station de St. Andrews de fournir des renseignements sur la distribution du homard par rapport aux données historiques, et d'en surveiller les modifications au fur et à mesure de l'agrandissement de l'installation aquicole. Des études en plongée, réalisées en septembre 1989 au moyen des mêmes techniques que celles qui avaient été employées dans les études précédentes, ont mis en évidence un régime d'utilisation de l'habitat remarquablement similaire à celui qui avait été observé en 1982 et en 1983. Les homards de

l'anse Flag ont l'habitude de creuser le sable, le gravier ou la boue pour y ménager des cuvettes peu profondes dans lesquelles ils s'installent (fig. 1), facilitant ainsi les estimations de la densité de leur population.

En 1990, on a cherché à se faire une idée plus complète de l'utilisation saisonnière des habitats côtiers. On a donc réalisé des études mensuelles, de juin à novembre, et comparé la proportion de homard de chaque sexe et la distribution de la fréquence des tailles du homard de l'anse Flag à celles des homards d'autres anses de l'île de Grand Manan (fig. 2). Il en est ressorti que le homard utilise les endroits en question de la fin de juin au début d'octobre et qu'il suit une migration automnale vers le large, déclenchée vraisemblablement par les vagues de tempête. La proportion très asymétrique des sexes constatée dans l'anse Flag et la forte proportion de femelles oeuvées n'ont pas été confirmées dans les populations recensées à l'anse Seal, quoiqu'on ait observé des homards oeuvés dans l'anse Whale, au nord de l'anse Flag (fig.3).

Pour les plongeurs, la forte densité de gros homards a été un des aspects les plus étonnants – et au début très déroutant – de leurs observations dans les zones de frai peu

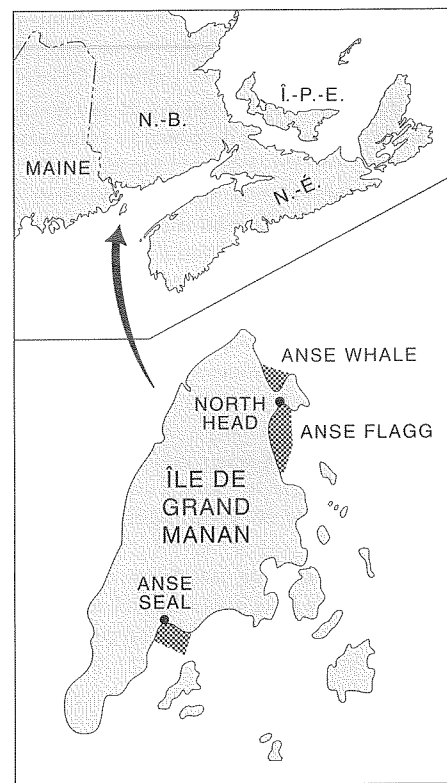


Figure 2. Les zones étudiées (ombrées) autour de l'île de Grand Manan (Nouveau-Brunswick) en 1990 dans le but d'examiner les régimes saisonniers de fréquentation des habitats d'eau peu profonde par le homard.

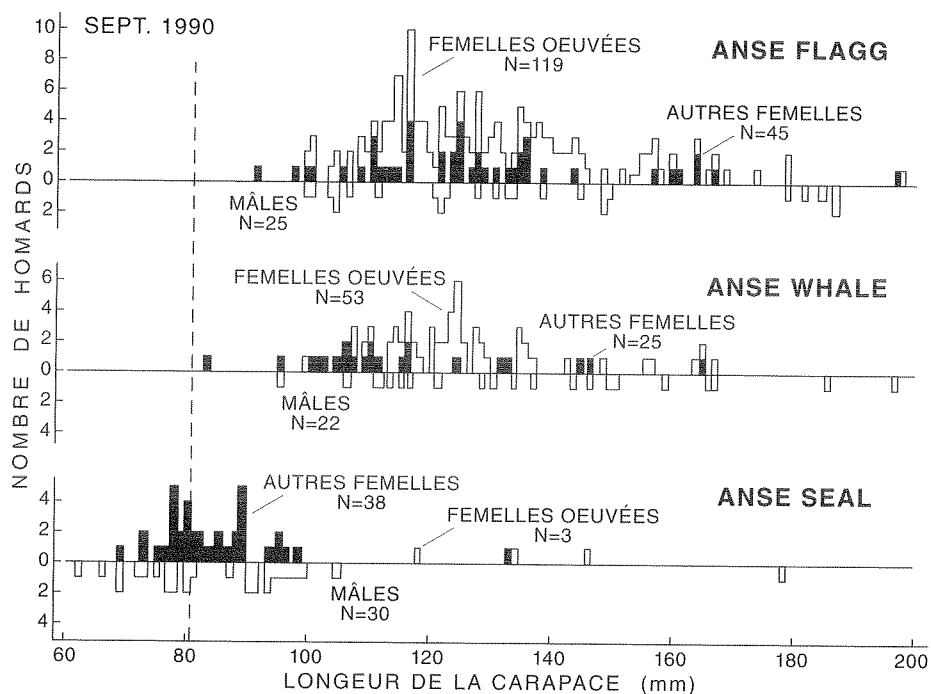


Figure 3. Distribution de la fréquence des tailles du homard échantillonné en septembre 1990, dans les anses Flag, Whale et Seal, sur l'île de Grand Manan. Le trait vertical interrompu correspond à la longueur minimale réglementaire de la carapace dans la pêche commerciale. L'emplacement géographique des anses est indiqué à la figure 2.

profondes de l'anse Cove. La plus forte densité relevée dans des bandes de 25 m (larges de 2 m, donc d'une superficie de 50 m<sup>2</sup>) était de 11 homards (de 122 à 217 mm de LC), représentant une biomasse de 570 g/m<sup>2</sup> (poids frais). La biomasse typique

de homard dans les zones de pêche côtière de la Nouvelle-Écosse se situe entre 5 et 13 g/m<sup>2</sup> (Miller, 1985). Dans une autre série d'observations sur le terrain, on a relevé une distance minimale de 0,7 m entre les centres de cuvettes adjacentes occupées.

Au cours des trois années d'observation de la fréquentation saisonnière de l'anse Flag, on a constaté que le centre de la distribution de la population de homard résidente variait nettement d'une année à l'autre (fig. 4). Quoiqu'on ne puisse établir clairement de relation de cause à effet entre les phénomènes, il est intéressant de noter que le nombre de cages, et partant la charge biologique, du site aquicole a augmenté entre 1989 et 1990, pour tomber à une seule cage en 1991. Cette dernière diminution faisait suite à la décision du ministère des Pêches et de l'Aquiculture du Nouveau-Brunswick de déplacer le site à l'extérieur de l'anse Flag, en partie en raison des problèmes d'accès des traversiers au port de North Head. D'autres études seront effectuées en septembre 1992 et en 1993, afin d'établir une série chronologique de données sur l'utilisation saisonnière de l'habitat par le homard au cours de tout le cycle de production aquicole.

**Recherche future**

Dans le contexte général de la régulation des populations de homard, on s'attache beaucoup, à l'heure actuelle, à l'écologie du homard au début de sa phase benthique. L'équipe de la station de St. Andrews est maintenant bien placée pour procéder à des recherches manipulatoires dans cette région.

Les études antérieures des stocks (Robichaud et Campbell, 1991), fondées sur la distribution des homards de diverses tailles parmi les captures réalisées dans des casiers à eau profonde, ont révélé que la pêche du

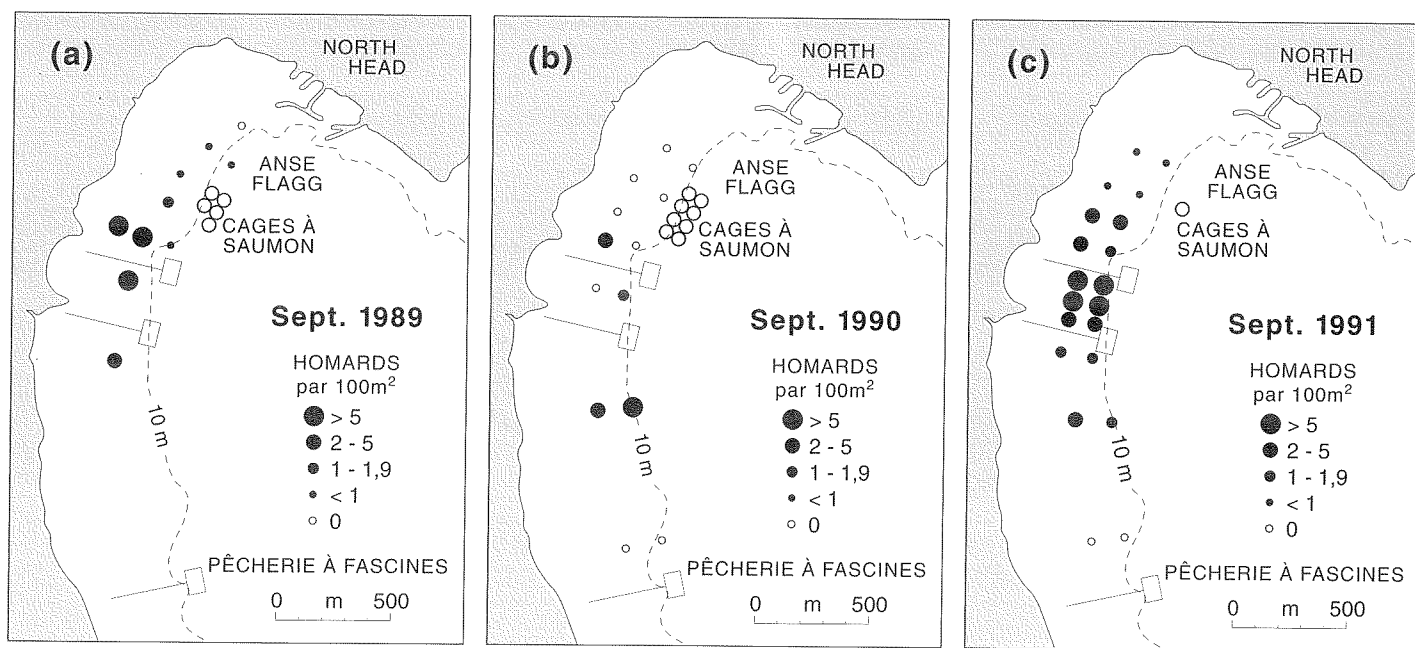


Figure 4. Densité des homards (nombre de homards/100 m<sup>2</sup>) dans l'anse Flag en a) septembre 1989; b) septembre 1990; c) septembre 1991. À noter l'emplacement et le nombre des cages à saumon présentes dans chaque cas. Les cercles pleins représentent la densité du homard, tel qu'expliquée dans la légende.

homard au fond de la baie de Fundy était alimentée en bonne partie par les migrations saisonnières du homard en phase de reproduction. Par ailleurs, on a constaté récemment une hausse du recrutement local. Un des défis de la recherche consistera à vérifier ce phénomène sur le terrain au moyen soit de programmes de captures directes au casier, soit d'études en plongée dans le milieu dynamique de la haute-baie de Fundy.

De nombreux aspects intrigants du comportement du homard en phase de reproduction restent à élucider au moyen d'études expérimentales à l'anse Flagg. En raison des basses densités de population qui caractérisent l'endroit et d'une distribution des profondeurs dépassant généralement les possibilités d'étude efficace en plongée, les observations détaillées du comportement social du homard adulte sur le terrain sont rares (voir, par exemple, Karnofsky *et al.*, 1989). Toutefois, les densités relativement hautes de la population de homard de l'anse Flagg ont permis de commencer à orienter la recherche sur le temps de résidence, sur les régimes d'activité et sur les effets des divers comportements.

De 1989 à 1991, le défi était de répondre aux demandes des gestionnaires au sujet des liens existant entre les pêcheries traditionnelles et l'aquaculture du saumon, tout en mettant en place un programme de recherche visant à résoudre les questions fondamentales

sur l'écologie de la population de homard. La délimitation des grandes frayères de homard et des principaux habitats d'implantation, qui a été amorcée à cette époque, ainsi que les études plus spécialisées actuellement en cours, devraient accroître considérablement notre connaissance du cycle vital du homard dans la baie de Fundy.

### Bibliographie

- Aiken, D. E., and S. Waddy. 1980. Reproductive biology. In: J. S. Cobb and B. Phillips (eds.), *The biology and management of lobsters*. Vol. 1. Academic Press, New York:215-276.
- Benson, B. L. 1989. Airlift sampler: Applications for hard substrata. *Bull. Mar. Sci.* 44:752-756.
- Campbell, A. 1986. Migratory movements of ovigerous lobsters, *Homarus americanus*, tagged off Grand Manan, eastern Canada. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43:2197-2205.
- Campbell, A. 1990. Aggregations of berried lobsters (*Homarus americanus*) in shallow waters off Grand Manan, eastern Canada. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47:520-523.
- Campbell, A., and A. B. Stasko. 1986. Movements of lobsters (*Homarus americanus*) tagged in the Bay of Fundy, Canada. *Marine Biology* 92:393-404.
- Charmantier, G., M. Charmantier-Daures, and D. E. Aiken. 1991. Metamorphosis in the lobster *Homarus* (Decapoda): A review. *J. Crust. Biol.* 11:481-495.
- Cook, R. H., and R. E. Lavoie. 1991. Science and aquaculture: A matter of demand and supply. In T. E. Smith (ed.), *Science Review 1988 and '89*. Department of Fisheries and Oceans, Dartmouth, N.S.:40-44.

Elnor, R. W., and A. Campbell. 1987. Natural diets of lobster, *Homarus americanus*, from barren ground and macroalgal habitats off southwestern Nova Scotia, Canada. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 37:131-140.

Elnor, R. W., and A. Campbell. 1991. Spatial and temporal patterns in recruitment for American lobster, *Homarus americanus*, in the northwestern Atlantic. *Memoirs of the Queensland Museum* 31:349-363.

Karnofsky, E. B., J. Atema, and R. H. Elgin. 1989. Natural dynamics of population structure and habitat use of the lobster, *Homarus americanus*, in a shallow cove. *Biol. Bull.* 176:247-256.

Lavalli, K. L., and D. E. Barshaw. 1989. Post-larval American lobsters (*Homarus americanus*) living in burrows may be suspension feeding. *Mar. Behav. Physiol.* 15:255-264.

Lawton, P. 1987. Diel activity and foraging behavior of juvenile American lobster, *Homarus americanus*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44:1195-1205.

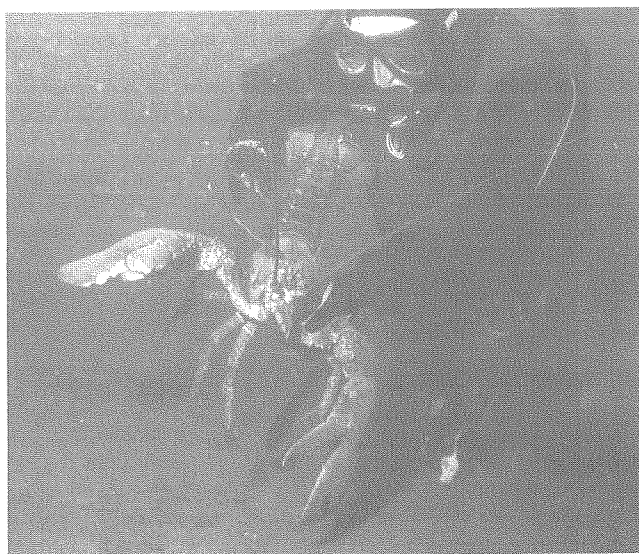
Miller, R. J. 1985. Seaweeds, sea urchins, and lobsters: A reappraisal. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42:2061-2072.

Robichaud, D. A., and A. Campbell. 1991. Annual and seasonal size-frequency changes of trap-caught lobsters (*Homarus americanus*) in the Bay of Fundy. *J. Northw. Atl. Fish. Soc.* 11:29-37.

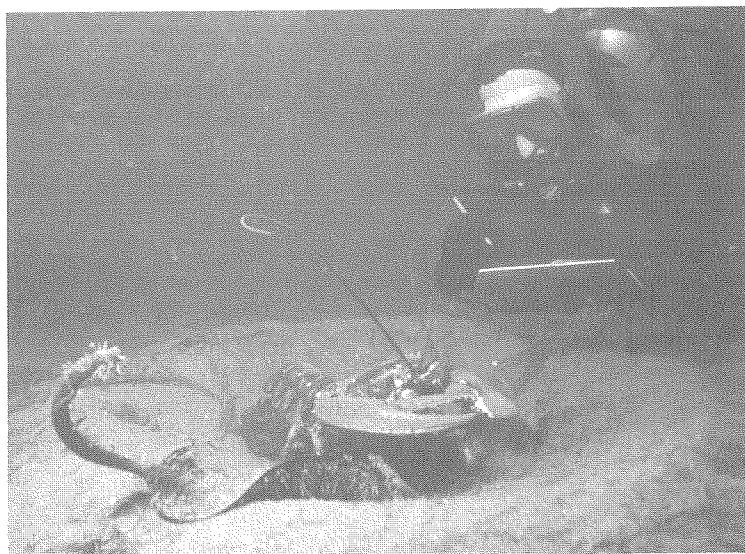
Wahle, R. A., and R. S. Steneck. 1991. Recruitment habitats and nursery grounds of the American lobster, *Homarus americanus*; a demographic bottleneck? *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 69:231-243.

Wilbur, H. M. 1980. Complex life cycles. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 11:67-93.

Wolff, T. 1978. Maximum size of lobsters (*Homarus*) (Decapoda, Nephropidae). *Crustaceana* 34:1-14.



Plongeur mesurant un homard.



Plongeur prenant des notes sur la fréquentation de l'habitat d'eau peu profonde par le homard.

## Physique et biologie du système frontal du banc Georges

J. W. Loder, 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 et M. M. Sinclair



*M. M. Sinclair, N. S. Oakey, J. Grant, P. Cranford, C. T. Taggart, K. F. Drinkwater, E. P. W. Horne, J. W. Loder, R. I. Perry, et W. G. Harrison. D. Brickman, G. C. Harding, et M. J. Tremblay sont absents.*

Le banc Georges est une des régions océaniques les plus productives des latitudes tempérées et une des zones de pêche les plus prisées de l'Atlantique Nord-Ouest, la valeur des débarquements annuels atteignant près de 200 millions de dollars. La région fait l'objet de nombreuses études depuis 75 ans, mais on ne comprend toujours pas entièrement les raisons de sa forte productivité. Ces récentes décennies, on s'est inquiété sur les effets négatifs possibles que pourrait avoir l'exploration gazière et pétrolière sur les ressources halieutiques du banc. Nous livrons dans la présente communication les résultats de récentes études consacrées à la compréhension de la productivité du banc Georges ainsi qu'aux effets possibles de la recherche d'hydrocarbures dans la région.

Les facteurs océanographiques physiques dominants agissant sur le banc de Gorges sont la présence de forts courants tidaux (de 2 à 3 noeuds) et la persistance des distributions de la température et de la salinité, qui ont pour effet de créer un courant giratoire de sens horaire sur le banc, qui se rétrécit en un puissant jet sur sa bordure septentrionale (fig. 1a). Sur la partie centrale peu profonde du banc, la colonne demeure verticalement bien mélangée à longueur d'année, surtout grâce aux forts courants tidaux. Une zone frontale, dans laquelle les caractéristiques de l'eau changent

de façon marquée, sépare la zone de mélange des eaux stratifiées environnantes.

Le taux de production de phytoplancton (production primaire) du banc Georges est un des plus élevés des plates-formes continentales du monde. Dans la zone de mélange centrale, cette production repose sur des éléments nutritifs excrétés par les animaux et les bactéries. Il faut toutefois une source extérieure d'éléments nutritifs pour soutenir une production aussi élevée. Certains pensent que cet apport extérieur se fait grâce au transport et au mélange associés à la zone frontale, aux tempêtes et aux tourbillons du Gulf Stream, mais le rôle relatif de ces processus n'a pas été établi.

Comparativement à la production primaire élevée, la production de zooplancton (production secondaire) est inhabituellement basse. Les raisons en sont inconnues, mais le transport et le mélange ainsi que la prédation par le poisson pourraient appauvrir le banc. Il se pourrait également qu'elle ne soit basse qu'en apparence, par suite de la difficulté d'obtenir des mesures adéquates. Car en dépit de la faiblesse apparente de la production secondaire, la production de poisson du banc Georges est extrêmement élevée, notamment dans le cas du poisson de fond, du pétoncle et du homard. On explique pour l'instant le phénomène par la rétention des larves sur le

banc par le courant giratoire, par le transport permanent de larves vers les aires de reproduction et par l'abondance de proies pour diverses espèces.

Plusieurs des influences physiques présumées s'exerçant sur la production biologique du banc Georges semblent contradictoires, c'est-à-dire le fait que la production primaire est élevée parce que le transport d'éléments nutritifs vers le banc est élevé, le fait que la production secondaire est faible parce que le plancton est transporté hors du banc, mais que la production de poisson est élevée parce que le courant giratoire retient les oeufs et les larves sur le banc. Il faudra effectuer des mesures simultanées de la circulation et de la distribution des éléments nutritifs, du plancton et des larves pour résoudre ce paradoxe apparent.

On a avancé que le système frontal entourant le banc était un important régulateur de l'échange horizontal en raison de sa permanence, de sa circulation prévisible, et de son emplacement à la périphérie du banc. C'est du printemps à l'automne qu'il a le plus d'ampleur, précisément donc quand la demande d'éléments nutritifs est la plus grande, quand la production de phytoplancton et de zooplancton est maximale et quand la plupart des espèces de poissons sont en frai ou en sont encore dans leurs premiers stades de vie. Qui plus est, sur la plus importante zone de pêche actuelle du banc Georges, soit le pic Nord-Est, la zone frontale est à proximité des bancs de pétoncles les plus denses du banc ainsi que d'importantes aires de frai et de reproduction de la morue et de l'aiglefin (fig. 1b).

Quels sont les processus physiques et biologiques accompagnant la zone frontale susceptibles d'accroître l'apport extérieur d'éléments nutritifs et soit de retenir soit de disperser le zooplancton et les larves de poisson ? Quels seraient le déplacement et la concentration vraisemblables d'un polluant (pétrole d'un déversement accidentel ou boues de forage par exemple) rejeté à proximité des zones biologiquement productives ? Ces questions ont été au centre de l'Étude de la zone frontale du banc Georges menée en 1988-1989 pour la bordure septentrionale du banc. L'étude a porté sur cette région car c'est là que les processus physiques sont les plus énergétiques et en raison de son importance potentielle pour le pic Nord-Est.

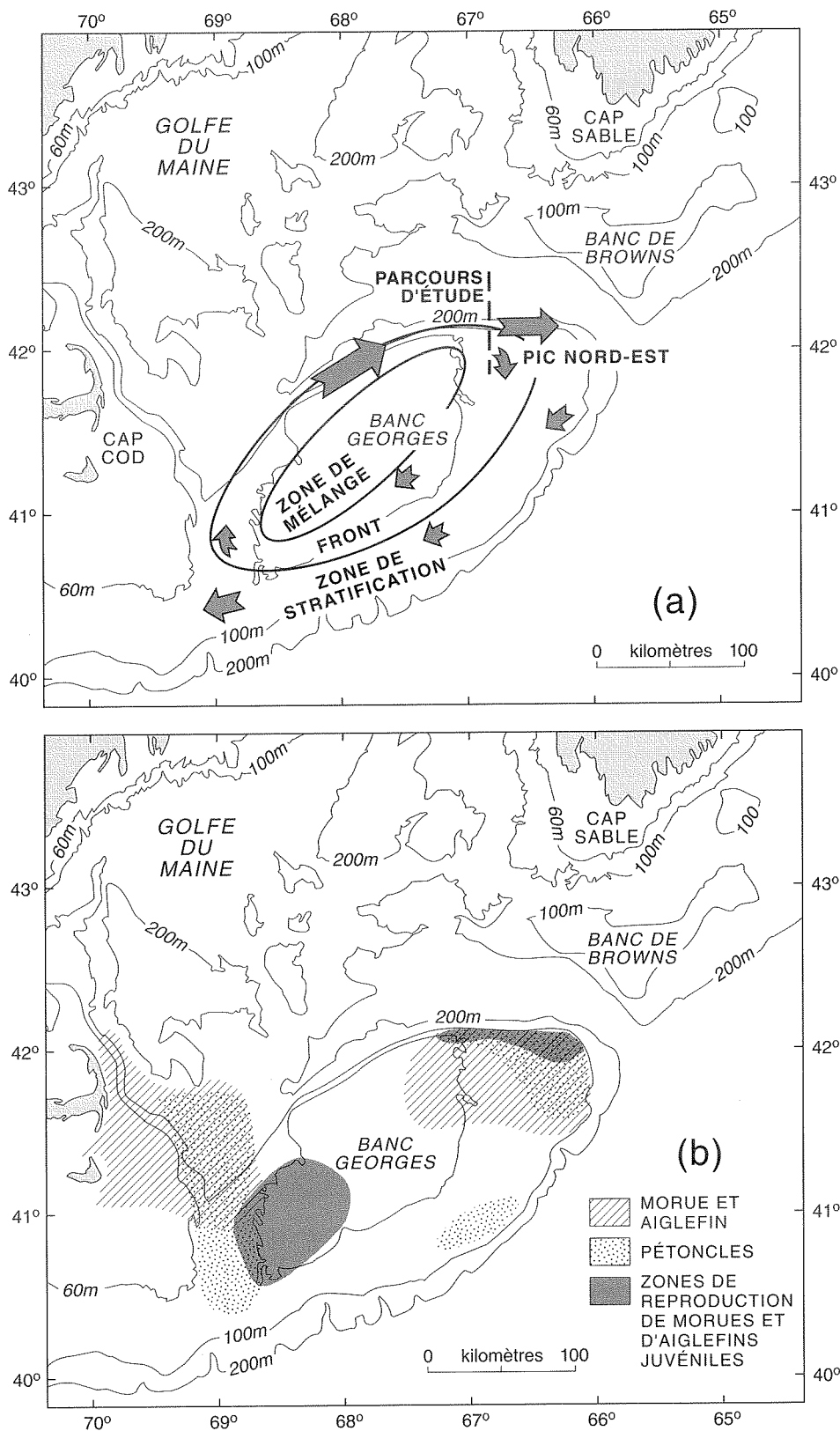


Figure 1. Carte bathymétrique de la région du banc Georges montrant a) ses caractéristiques physiques principales et b) la distribution de certaines espèces. Les caractéristiques physiques illustrées sont la zone frontale délimitée par la zone de mélange et la zone de stratification, ainsi que le courant giratoire (flèches). La distribution indique les grandes concentrations de morues, d'aiglefins et de pétoncles adultes ainsi que les aires de reproduction des morues et aiglefins juvéniles. Le parcours d'étude apparaît en a).

Les objectifs de l'étude étaient de déterminer la circulation, les variations des caractéristiques de l'eau et les taux de mélange dans le voisinage de la zone frontale, ainsi que leurs effets sur la distribution des éléments nutritifs, de la production primaire, du plancton et des larves de poisson. Les résultats obtenus servent actuellement à évaluer l'importance du système frontal dans l'apport d'éléments nutritifs et la rétention du plancton sur le banc, ainsi que les effets possibles de la recherche d'hydrocarbures.

La plupart des mesures ont été effectuées sur un parcours (fig. 1a) recoupant la zone frontale. Divers instruments ancrés ont permis de surveiller en continu les courants ainsi que la température et la salinité de l'eau, de juin à octobre 1988. Des échantillonnages haute résolution de l'environnement physique ont été obtenus au moyen du profileur vertical CTP de la sonde remorquée Batfish (pour la mesure de la température et de la salinité), d'un profileur acoustique de courant monté sur navire, de coupes classiques de CTP et d'éléments nutritifs, de lâchers répétés du profileur de turbulences EPSONDE, par poursuite de bouées dérivantes par satellite et Loran C, et au moyen d'images satellites de la température de la surface de la mer.

La biomasse, le taux de production et le taux d'absorption d'azote par le phytoplancton ont été mesurés sur le parcours d'étude à la fin d'août au moyen de techniques classiques. Un filet multiple (BIONESS) et un chalut Tucker ont servi à déterminer la distribution du zooplancton et des larves de poisson, par échantillonnages répétés en juillet, août et octobre. De l'information haute résolution et des données sur la taille et la structure du phytoplancton et du zooplancton ont été obtenues au moyen d'un fluoromètre et d'un planctomètre optique montés sur la sonde remorquée Batfish. Enfin, des expériences ont été menées à bord sur la production, la respiration et l'alimentation des pétoncles, avec des échantillons provenant du site d'étude.

Les observations océanographiques physiques effectuées ont produit des données quantitatives détaillées sur des caractéristiques physiques qu'on savait exister et ont également mis en évidence des structures non relevées antérieurement sur le banc Georges. Les mesures de turbulence confirment que les taux de mélange vertical sont généralement beaucoup plus élevés au centre de la zone de mélange et varient en fonction du courant tidal. La concentration en nitrates (la plus abondante forme externe d'azote, élément nutritif essentiel) change brusquement dans la zone frontale (fig. 2), ce qui donne à penser que l'échange transf frontal est crucial à

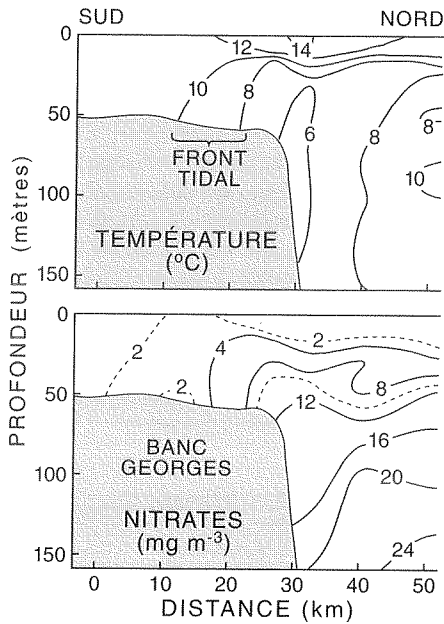


Figure 2. Distributions types de la température et des nitrates sur le parcours d'étude établies à partir d'une coupe CTP/éléments nutritifs réalisée en juillet 1988. Les nitrates, essentiels à la production primaire au voisinage de la surface, sont en faible concentration dans la zone de mélange, mais abondants en profondeur dans la zone de stratification.

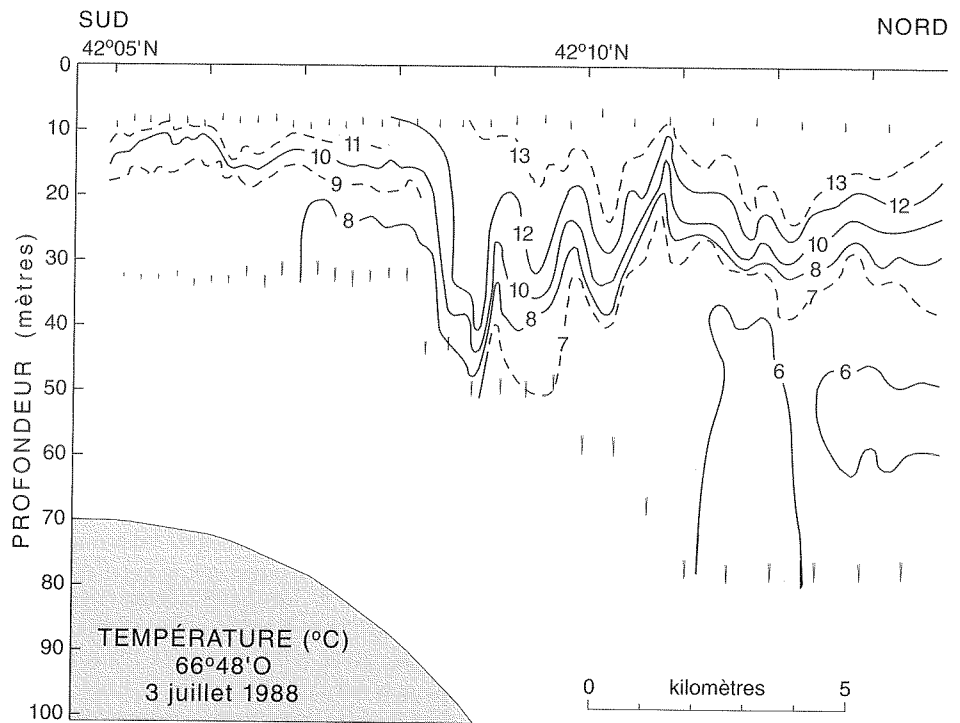


Figure 3. Distribution détaillée de la température sur le parcours d'étude déterminée à partir d'une coupe réalisée au moyen de la sonde Batfish pendant un reflux tidal, en juillet 1988. Des ondes internes sont manifestes à la bordure du banc. Les déplacements verticaux abrupts des isothermes 8-12°C sont appelés ressaut hydraulique interne.

l'apport en éléments nutritifs extérieurs vers le banc. Le jet s'écoule en permanence le long de la bordure septentrionale du banc; il est de vitesse maximale (près de 0,5 m/s ou 1 noeud) au début de l'été et de transport total supérieur à 3 km<sup>3</sup>/h (soit 70 fois plus que le débit du Saint-Laurent). Il est la voie estivale principale empruntée par les eaux sortant du golfe du Maine et un facteur dominant de la régulation des diverses distributions dans la région.

Les caractéristiques physiques déterminées au cours de l'étude sont notamment l'étalement d'une portion du jet sur le pic Nord-Est, la présence d'une variété de vagues internes (subsurfiques) à proximité de la bordure du banc ainsi qu'une courbe de convergence superficielle dans la zone frontale. L'étalement du jet est associé à une divergence d'aval des isobathes dans le voisinage du parcours d'étude (fig. 1a). Les vagues internes prennent naissance sur la bordure du banc pendant le reflux tidal, alors qu'il se forme un ressaut hydraulique interne, c'est-à-dire un déplacement vertical brusque de cellules d'eau (fig. 3). Ce ressaut se transforme en vagues internes de grande amplitude qui se propagent dans la zone frontale et fournissent ainsi une énergie supplémentaire au mélange vertical. La

convergence superficielle se produit près de la limite de la zone de mélange et fait converger lentement la matière décrivant une spirale de dérive autour du banc vers le jet et le courant

tidal (fig. 4). Le processus concentre donc la matière flottante dans la zone frontale.

Les mesures biologiques effectuées confirment que la biomasse phytoplanctonique

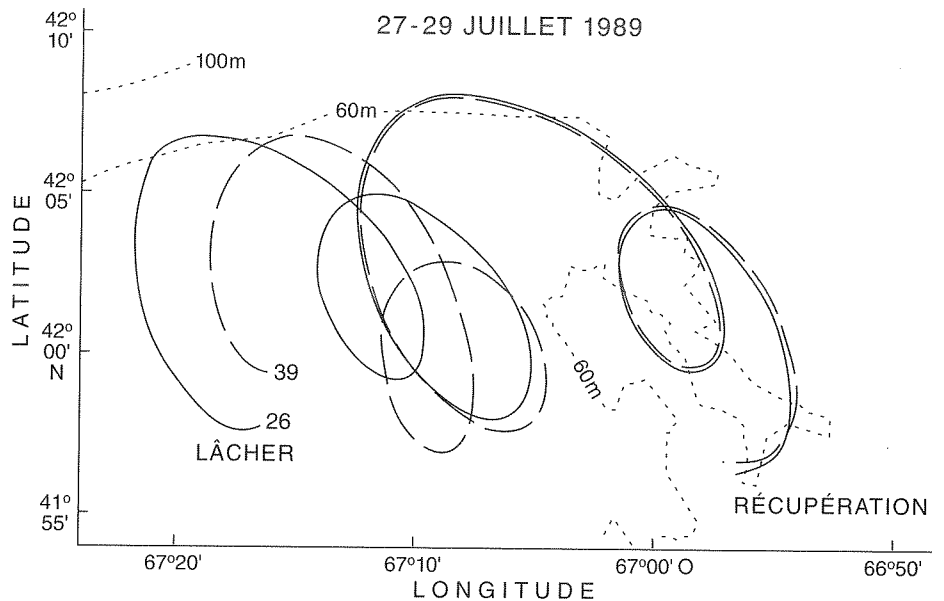


Figure 4. Trajectoires de deux bouées dérivantes Loran C (nos. 26 et 39) lâchées dans la zone frontale à l'ouest du parcours d'étude. Les bouées ont été lâchées à 4 km environ et récupérées 2 jours plus tard à moins de un kilomètre de distance une de l'autre sur une courbe de convergence superficielle.

et son taux de production sont les plus élevés dans la zone de mélange et qu'ils décroissent généralement à mesure qu'augmente la stratification de la zone frontale (figs. 5a et 5b). Toutefois, le ratio *f*, c'est-à-dire la fraction de la production primaire dont la source d'azote est les nitrates, est maximal à la fois sur le front tidal près de la limite de la zone de mélange et au-dessus de la bordure du banc (fig. 5c). Ces mesures ont été prises à la fin de l'été, moment où la zone frontale s'étend davantage vers l'intérieur du banc. Nous pensons que les régions de "nouvelle production" élevée (celles à utilisation de nitrates) se chevauchent au début de l'été, quand la zone frontale est plus étroitement confinée à la bordure du banc.

Les observations physiques faites au cours de l'étude font penser que ces deux régions de nouvelle production sont associées à des processus de mélange d'origine tidale. Les mesures de turbulence ainsi que les estimations de l'énergie des courants tidaux et des vagues internes arrivantes indiquent que le mélange vertical se produisant dans la zone frontale peut entraîner l'apport de quantités considérables de nitrates au phytoplancton du

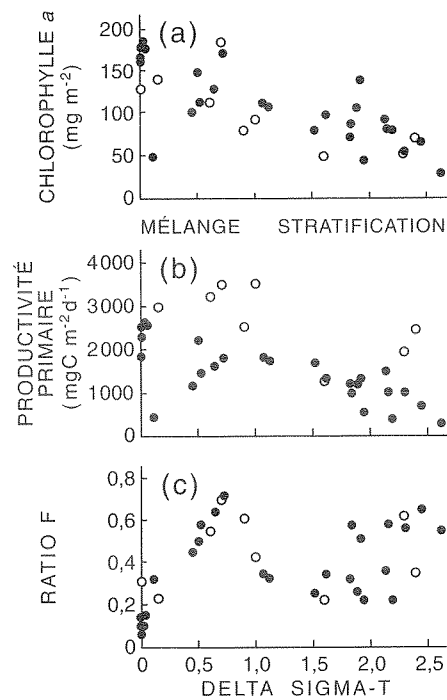


Figure 5. Distributions a) de la biomasse phytoplanctonique (chlorophylle a), b) du taux de production primaire et c) du ratio *f* le long du parcours d'étude d'août 1988 (points pleins). Les données sont portées sur graphique en fonction de la différence de densité (unités sigma-t) entre la surface et la profondeur de 50 m. Sont également indiquées les données d'une étude antérieure (points vides).

voisinage de la surface. Le réservoir d'azote en profondeur dans cette zone est entretenu par l'étalement du jet sur le banc. Le maximum de nouvelle production dans la zone frontale peut donc s'expliquer classiquement par le fait que les fronts tidaux se caractérisent par des taux de production primaire élevés par suite de la présence de conditions optimales d'éclaircissement et d'apport en éléments nutritifs. Le maximum de nouvelle production sur la bordure du banc coïncide avec l'emplacement du ressaut hydraulique se manifestant pendant le reflux tidal. Les mesures de turbulence indiquent que ce ressaut accroît le mélange vertical, phénomène qui se traduit par l'existence d'un processus local permanent d'apport d'éléments nutritifs au voisinage de la surface.

Des processus physiques tidaux agissent également sur la dispersion et la rétention de plancton sur la partie nord du banc Georges et régulent donc la distribution du zooplancton et des larves de poisson dans la région. Des mesures simultanées de la température, de la salinité, de la fluorescence chlorophyllienne et de l'abondance de plancton effectuées au moyen de la sonde Batfish remorquée au mode ondulation montrent des allures coïncidentes entre la distribution des petites particules (phytoplancton et petit zooplancton) et le déplacement vertical des surfaces de densité par les vagues internes. Par contraste, la distribution des grosses particules (zooplancton) n'est pas aussi étroitement associée aux déplacements provoqués par les vagues internes, probablement parce que les gros animaux nagent avec plus de vigueur.

La distribution du zooplancton dans la zone frontale, déterminée à partir des échantillons prélevés dans les filets, fait aussi ressortir des écarts apparemment fonction de la taille des organismes. Ainsi le petit zooplancton, comme les Copépodes (*Acartia sp.*) est d'abondance maximale à proximité de la limite de la zone de mélange (fig. 6), tandis que les écarts d'abondance et de diversité des espèces du gros zooplancton (par exemple *Metridia lucens* et les Euphausiacées) sont les plus marqués sur la bordure du banc. La zone frontale présente un zooplancton dont la composition est médiane entre celles de la zone de mélange et des eaux stratifiées du golfe du Maine.

L'étalement du jet sur le pic Nord-Est a pour effet de retenir le zooplancton et le phytoplancton sur le banc et de contribuer à leur accumulation dans la zone de mélange. L'ampleur du transport vers le centre du banc devrait être plus grande pour le plancton des couches supérieures ou de celui qui migre verticalement chaque jour. Cependant, on a constaté qu'une partie du zooplancton présent

surtout dans le voisinage de la surface, comme certains copépodes et des larves de homard dans leurs derniers stades de vie, avait traversé la zone frontale pour passer de la zone de mélange à la zone de stratification. L'origine de ces contradictions n'est pas comprise, mais il se pourrait qu'elle soit due au fait que les distributions en amont des espèces ne sont pas identiques ou encore aux variations temporelles et spatiales du jet en amont. Quoi qu'il en soit, les observations indiquent que la zone frontale joue un important rôle dans la rétention de plancton et de populations de poissons sur le banc différentes de celui de celles des régions avoisinantes.

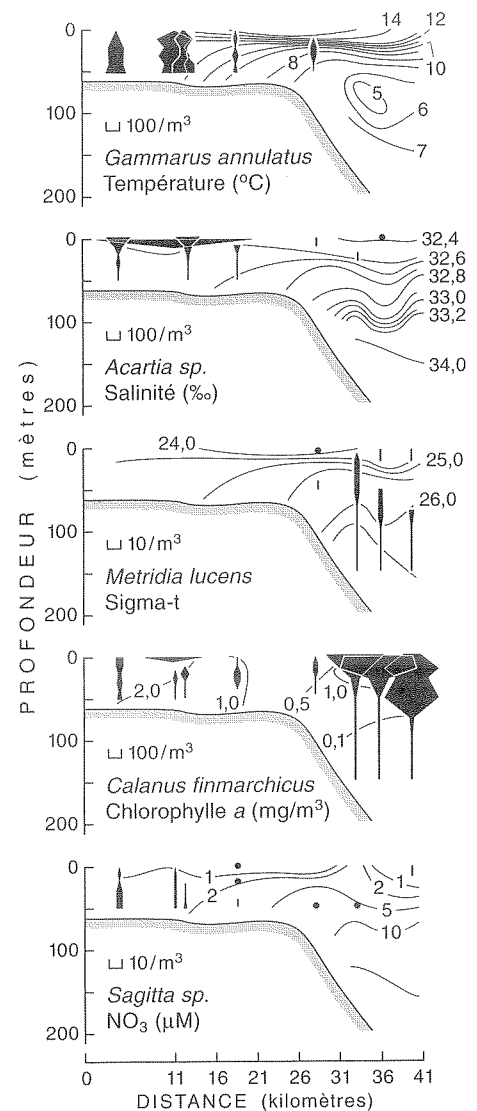


Figure 6. Distributions en profondeur d'espèces zooplanctoniques représentatives sur le parcours d'étude, juillet 1988, et distributions simultanées de la température, de la salinité, de la densité, de la chlorophylle et des nitrates. La largeur des "panaches" ombrés est proportionnelle à l'abondance de l'espèce en fonction de la profondeur.



Pour ce qui est de l'ensemble du banc, des estimations antérieures donnent à penser que l'apport en azote extérieur et que la nouvelle production subséquente par le phytoplancton suffisent à alimenter la production des grands bancs de pétoncles. En raison de l'influence du jet, les processus d'apport d'éléments nutritifs et la nouvelle production élevée sur la bordure septentrionale du banc sont particulièrement favorables à l'alimentation des denses bancs de pétoncles situés en aval du pic Nord-Est (fig. 1b). Le mélange tidal redistribue les éléments nutritifs vers le phytoplancton du voisinage de la surface et ramène la matière particulaire vers les pétoncles du fond. Des études réalisées ailleurs ont montré que la production primaire dans la colonne d'eau peut être importante pour l'alimentation, la croissance et la reproduction des bivalves, et nos mesures faites à partir d'un navire indiquent que les pétoncles du banc Georges filtrent beaucoup. Les variations saisonnières et tidales (morceau de printemps) de la position de la zone frontale (et du jet) au-dessus du pic Nord-Est ont pour effet de constituer un giclage qui distribue largement les éléments nutritifs pendant l'été.

Outre ses bancs denses de pétoncles, le pic Nord-Est abrite des aires de reproduction de morues nouvellement arrivées et d'aigle-fins juvéniles en juillet et août (fig. 1b). La présence de la zone frontale et les concentrations élevées de proies zooplanctoniques qu'elle permet peuvent y accroître leurs chances de survie. Les proies prédominantes de ces poissons juvéniles sont *Meganyctiphanes norvegica* de l'ordre des Euphausiacées et *Themisto compressa* de l'ordre des Amphipodes. Les deux espèces sont présentes surtout en eau profonde au large du banc, mais amenées vers la zone frontale par le jet dont une composante se dirige vers le banc à cet endroit.

Nos récentes études permettent d'élaborer un nouveau modèle conceptuel des régimes physiques et biologiques de la partie nord du banc Georges (voir fig. 7). Le régime physique se compose d'un front de mélange tidal classique (zone de transition entre les eaux mélangées et les eaux stratifiées) et d'une rupture stratifiée à la bordure du banc à forçage tidal intense. La combinaison de la stratification des eaux, de la topographie

abrupte de la bordure du banc et de la présence de forts courants tidaux produit une variété de phénomènes énergétiques persistants : un système frontal, un jet, des vagues internes, un mélange turbulent et une zone de convergence superficielle. Ces phénomènes ont une importante influence sur la distribution des matières et des organismes, qu'il s'agisse

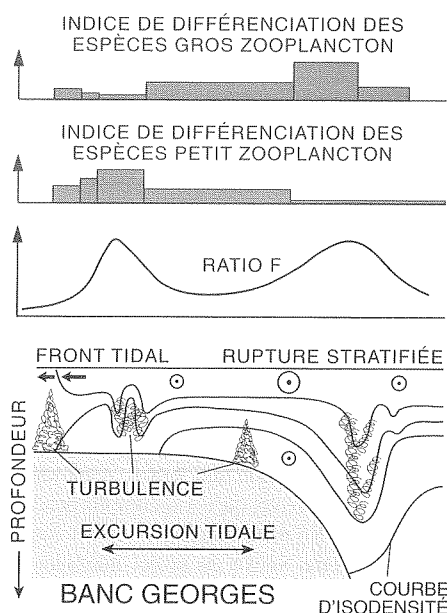


Figure 7. Sommaire schématique des régimes physiques et biologiques de la partie nord du banc Georges pendant l'été. Le régime physique (illustration du bas) se compose de forts courants tidaux et de grandes excursions tidales, d'un front tidal à convergence superficielle (flèches), d'un jet longitudinal à la bordure du banc (points cerclés), de vagues internes provoquant des déplacements verticaux des courbes d'isodensité, ainsi que de fortes turbulences à petite échelle. La distribution du ratio  $f$  (troisième graphique) montre les zones de nouvelle production primaire élevée associées au front tidal et à la bordure du banc. Les indices de différenciation des espèces pour l'abondance et la composition du zooplancton (graphiques du haut: plus le rectangle est haut, plus la différence est grande) indiquent que les différences les plus grandes se produisent à la bordure du banc et sur le front tidal respectivement pour le gros et le petit zooplancton.

d'éléments nutritifs dissous, de plancton, d'œufs et de larves de poisson, ou de polluants.

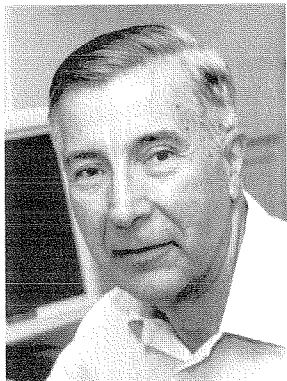
Les niveaux maximaux de la nouvelle production primaire et les limites de distribution de nombreuses espèces zooplanctoniques coïncident avec les phénomènes physiques persistants (fig. 7). Les bancs denses de pétoncles et les zones de reproduction des morues et aigle-fins juvéniles du pic Nord-Est sont situés sur le trajet aval de ce système biologiquement productif qui prend son origine sur la bordure nord du banc (fig. 1). Le système frontal de la partie nord du banc Georges contribue donc substantiellement à la production primaire élevée du banc, à la rétention du plancton sur le banc et à sa riche production halieutique. Les effets possibles de l'exploration gazière et pétrolière constituent l'objet de l'étude en cours, car l'intensité et l'association intime des phénomènes physiques et biologiques à l'oeuvre sur le banc Georges pourraient tout aussi bien amplifier ou atténuer ces effets, comparativement à d'autres régions. Ainsi les polluants pourraient être concentrés dans la zone de convergence, ou être rapidement dispersés par les courants et les processus de mélange.

#### Lectures supplémentaires

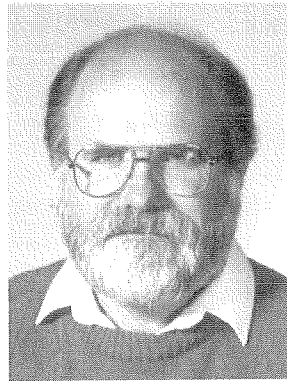
- Backus, R.H. (rédacteur). 1987. Georges Bank. MIT Press. 593 p.
- Gordon, D.C., J.D. Neilson et G. Robert. 1988. Georges Bank – research behind the management of habitat and commercial resources. Science Review 1987:14-18.
- Horne, E.P.W., J.W. Loder, W.G. Harrison, R. Mohn, M.R. Lewis, B. Irwin, et T. Platt. 1989. Nitrate supply and demand at the Georges Bank tidal front. Paru dans J.D. Ross (rédacteur), Topics in Marine Biology, Sci. Mar. 53:145-158.
- Loder, J.W., D. Brickman, et E.P.W. Horne. 1992. Detailed structure of currents and hydrography on the northern side of Georges Bank. J. Geophys. Res. 97:14 331-14 351.
- Perry, R.I., G.C. Harding, J.W. Loder, M.J. Tremblay, M.M. Sinclair, et K.F. Drinkwater (sous presse). Zooplankton Distributions at the Georges Bank frontal system: Retention or dispersion? Cont. Shelf Res.
- Tremblay, M.J., et M.M. Sinclair. 1992. Planktonic sea scallop larvae (*Placopecten magellanicus*) in the Georges Bank Region: broadscale distribution in relation to physical oceanography. J. canadien des sciences halieutiques et aquatiques 49:1597-1615.

## Levés gravimétriques et magnétiques à bord du N.S.C. *Baffin*

B. D. Loncarevic et G. C. Rockwell



B. D. Loncarevic



G. C. Rockwell

«... le *Baffin*, mis en service en 1956, était ... le navire hydrographique le plus perfectionné navigant dans les eaux canadiennes... Mais il est probablement le dernier de sa lignée.»

S. Fillmore et R.W. Sandilands :

The CHARTMAKERS (1983)

### Le dernier voyage du N.S.C. *Baffin*

Par une nuit de tempête sans étoile, aux petites heures du 5 décembre 1990, après s'être cogné en grinçant au quai de l'Institut océanographique de Bedford (IOB) et avoir entaillé sa coque près des portes de chargement à bâbord, le N.S.C. *Baffin*, âgé de 34 ans, est allé pour la dernière fois s'accoster à son poste d'amarrage de l'IOB. Nous ne le savions

pas à cette époque, mais il ne devait plus jamais naviguer par ses seuls moyens (fig. 1).

Les projets réalisés en 1990, dernière saison de navigation du *Baffin*, sont représentatifs des travaux qu'il a accomplis pendant sa carrière. En mars et avril, il a participé au large de Terre-Neuve au projet international LIMEX, projet de suivi de la fracturation et du déplacements des glaces. À la fin d'avril et au début de mai, des mesures magnétiques ont été faites entre l'IOB et St. John's (Terre-Neuve) où une équipe de l'université Memorial est montée à bord pour mener des recherches microbiologiques près du fond océanique. Pendant les deux mois suivants, il a servi et joué le rôle de navire-mère et de navire-base

pour six campagnes de cartographie dans les zones littorales de la baie de Bonavista à Terre-Neuve.

Le 23 juillet, le *Baffin* entreprit un voyage nordique de trois mois, type de projet pour lequel il était exceptionnellement bien équipé. La cartographie hydrographique de la baie d'Hudson a ainsi été réalisée pendant qu'un biologiste observait le comportement des mammifères marins. À la fin de travaux de cartographie, durant les deux dernières semaines que le *Baffin* a passé dans le Nord, un équipe de géologues du Centre géoscientifique de l'Atlantique (CGC) à l'IOB ont effectué des profils sismiques et prélevé des échantillons dans le fond marin pour déterminer la nature des sédiments. Le 26 octobre, le *Baffin* retourna à l'IOB pour réaliser son dernier projet : poursuivre à compter du 5 novembre les levés gravimétriques et magnétiques entrepris sur la plate-forme Néocossaise.

### Levés multidisciplinaires

Entre 1960 et 1990, plusieurs levés hydrographiques avaient un caractère multidisciplinaire. Des géoscientifiques recueillaient des données géophysiques et géologiques pendant que des hydrographes cartographiaient le fond de l'océan (fig. 2). La première étude géologique marine effectuée à partir d'un navire du SHC remonte à 1960 lors du premier grand voyage nordique (Buckley, 1971). C'est en 1963 qu'ont eu lieu les premiers levés gravimétriques et magnétiques à bord du N.S.C. *Baffin*; ils sont énumérés au tableau 1.

Pendant cette période, les projets qui étaient exécutés de façon indépendante sur le même navire sont devenus des projets complètement intégrés.

L'idée de réaliser des levés multidisciplinaires était plutôt simple. Étant donné que des hydrographes effectuaient déjà des levés systématiques au large des côtes suivant des lignes étroitement espacées et bien délimitées, il était normal que des géologues et des géophysiciens recueillent d'autres données sur les mêmes trajectoires de façon à accroître la productivité du navire.

En pratique, il y a eu deux obstacles à surmonter. Par tradition, les hydrographes devaient s'assurer que les données bathymétriques soient suffisamment nombreuses et de bonne qualité. Tout ce qui empêchait de recueillir les données prévues constituait un

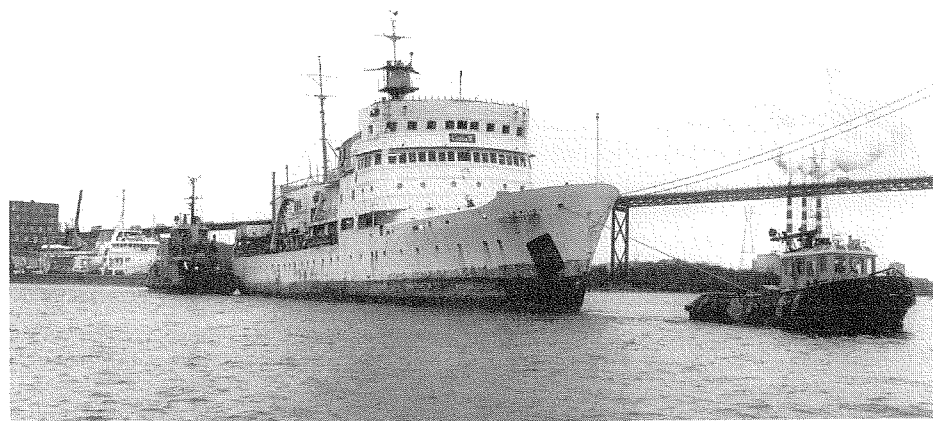


Figure 1. Départ du N.S.C. *Baffin* de son mouillage à l'IOB. Cette photographie a paru dans le Mail Star de Halifax le 10 décembre 1991, accompagnée de la légende suivante : «Le navire scientifique canadien *Baffin* a tiré sa révérence sans cérémonie vendredi matin, quittant l'Institut océanographique de Bedford pour le bassin d'entreposage. Sans tambour ni trompette, le vieux navire hydrographique de 35 ans, propriété du ministère de Pêche et Océans, a été mis en cocon. Le navire de 3 511 t et de 345 pi avait été construit en 1956 et transportait à son bord un équipage de 29 personnes».

obstacle. Il a fallu les convaincre qu'il était aussi utile et productif de recueillir des paramètres additionnels que d'augmenter la quantité des seules données bathymétriques. Les hydrographes plus jeunes l'ont facilement compris et ont accepté avec enthousiasme que des données gravimétriques et magnétiques soient enregistrées concurremment aux données hydrographiques.

Le second obstacle en a été un de logistique liée au contrôle de la vitesse et de la course du navire. Dans le cas des levés hydrographiques classiques, seule la position des sondages était importante; la constance de la vitesse ou de la course ne comptait que lorsqu'il fallait faire des interpolations entre les sondages. Dans le cas des levés gravimétriques, cependant, la constance ou le changement graduel de la vitesse ou de la course est d'une très grande importance. Les

mesures sont affectées par la composante est-ouest de la vitesse du navire, du fait donné que cela ajoute ou soustrait une valeur à la vitesse de rotation à la surface de la Terre. Il a été important d'apprendre que gouverner un navire était un processus graduel. Si le navire avait dérivé de la ligne de levé prévue, il fallait éviter de changer brusquement de cap et de corriger graduellement la course. Les méthodes de navigation s'améliorant, il est devenu plus facile de compenser les effets du vent, des marées et des courants de sorte que la correction de la course pour garder le navire sur son cap devint minime. La qualité des mesures gravimétriques s'en trouva donc améliorée.

### Réalisation de levés en mer

Les informations sur l'élaboration et l'exécution des levés multidisciplinaires en

cours sont diffusées dans les rapports de projet et d'excursion, les comptes rendus de conférence ainsi que les notes de service et les publications internes de l'IOB; aucun rapport global n'a encore été rédigé. Un premier rapport a été publié par Loncarevic (1975, 1976) et mis à jour par Macnab (1983). Des numéros récents de *Revue des Sciences* ont porté sur plusieurs améliorations apportées aux techniques de levé (Grant et McKeown, 1987; Kerr, 1987; Verhoef et Sherin, 1990). Loncarevic et Woodside ont décrit de façon quelque peu détaillée les levés réalisés à bord du Baffin en 1988 et 1989 (Loncarevic et Woodside, 1991).

Les levés conjoints ont permis de recueillir des données gravimétriques et magnétiques à un coût légèrement plus élevé, indiquant qu'il est avantageux d'utiliser les installations à des fins multidisciplinaires. Ce sont les besoins en matière de cartographie hydrographique qui ont servi à établir l'ordre de priorité des zones à couvrir. Les géophysiciens se sont joints aux hydrographes dans la mesure où leurs ressources humaines le leur ont permis. Dans la plupart des cas, les géophysiciens n'étaient à bord que pendant une partie des levés. Le navire suivait alors un large réseau de lignes dont l'espacement était de cinq à dix fois plus grand que les spécifications établies pour les levés hydrographiques. Après le départ des géophysiciens, le navire consacrait le reste de la saison à parcourir les interlignes du réseau.

Ce sont les membres du Service hydrographique du Canada qui ont joué le rôle le plus important dans les levés multidisciplinaires en planifiant les parcours du navire et en installant les aides à la navigation nécessaires; en dirigeant les opérations du navire, incluant les négociations avec les capitaines et les officiers du quart; en traçant la trajectoire du navire et en surveillant sans relâche le bon fonctionnement de tout l'équipement. Les géophysiciens ont fait l'entretien constant des instruments gravimétriques et magnétiques et ont été chargés d'assurer la qualité des données géophysiques et de les traiter. La mise sur pied d'une équipe composée de six ou sept hydrographes et de trois géophysiciens a permis de recueillir des données vingt-quatre heures par jour pendant toute la durée du projet.

### Manipulation des données

Avant la première campagne gravimétrique et magnétique, on savait qu'une grande quantité de données serait recueillie et qu'il fallait élaborer des techniques spéciales de manipulation de données. Le traitement numérique des données étant considéré comme une méthode de l'avenir, un système

Tableau 1

#### Excursions multidisciplinaires du C.S.S. Baffin

N° d'excursion	Zone d'activité	Gravimétrique	Magnétique	
1.	64 - 019	Baie de Fundy	7 233	12 400
2.	66 - 008	Grands Bancs	5 862	-
3.	67 - 014	Grands Bancs	58 203	82 000
4.	68 - 021	Golfe du St-Laurent	58 922	74 800
5.	69 - 021	Golfe du St-Laurent	46 321	65 600
6.	71 - 017	Grands Bancs	62 331	94 800
7.	73 - 014	Golfe du St-Laurent Arctique oriental	25 156	30 000
8.	74 - 015	Golfe du St-Laurent	5 880	22 000
9.	75 - 011	Bassin Foxe	-	30 000
10.	76 - 001	Marge Néo-Écossaise	56 433	85 200
11.	76 - 012	Golfe du St-Laurent	-	33 600
12.	77 - 008	Golfe du St-Laurent	-	31 200
13.	78 - 010	Mer du Labrador	-	15 200
14.	79 - 015	Plate-forme Néo-Écossaise	8 562	52 800
15.	80 - 031	Mer du Labrador	20 368	23 600
16.	82 - 039	Plate-forme Néo-Écossaise	12 339	54 800
17.	83 - 035	Plate-forme Néo-Écossaise	18 363	26 400
18.	84 - 044	Plate-forme Néo-Écossaise	36 426	39 200
19.	88 - 039	Plate-forme Néo-Écossaise	32 700	179 000
20.	89 - 031	Plate-forme Néo-Écossaise	31 957	182 238
21.	90 - 029	Plate-forme Néo-Écossaise	35 300	187 140

Remarque 1 : Les données dans ce tableau ont été compilées à partir des dossiers publics de la CGC 1232 (Woodside *et al.*, 1986), 1504 (Verhoef et Macnab, 1987) et des rapports d'excursion.

Remarque 2 : Au cours des trois dernières excursions, des enregistrements magnétiques ont été recueillis toutes les 10 secondes, d'où la considérable augmentation de la quantité de données.

Remarque 3 : Entre 1972 et 1981, neuf autres excursions multidisciplinaires ont été menées sur d'autres navires de l'IOB et sur des navires nolisés.

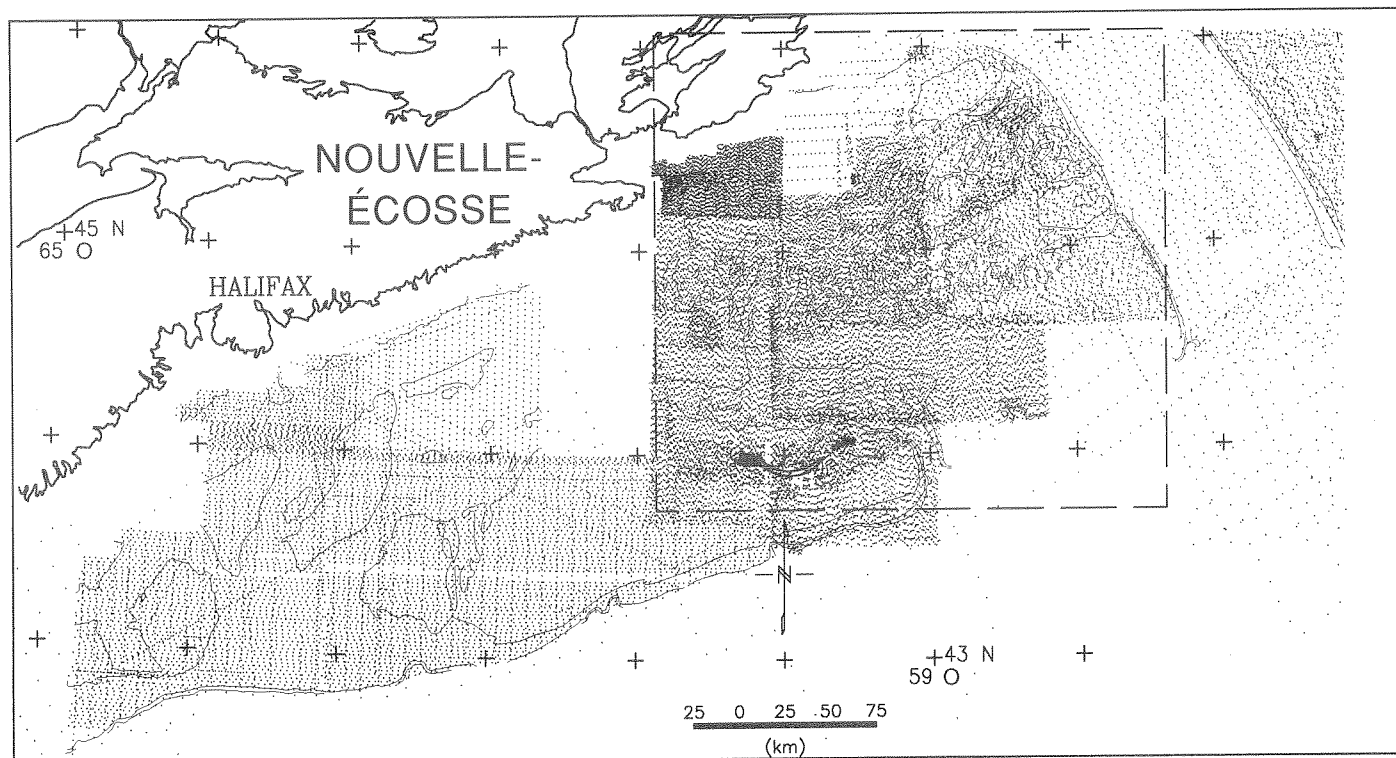


Figure 2. Levés de la plate-forme néo-écossaise par le N.S.C. Baffin de 1979 à 1990. La zone à l'ouest de 61° ouest a été parcourue durant les trois dernières saisons de levés multidisciplinaires. Trente-cinq équipes ont participé aux levés réalisés dans la partie est. Ces levés ont permis de mettre sur pied une base de données d'une valeur inestimable (Loncarevic et al., 1992).

approprié appelé GEODAL, a donc été conçu et construit à l'IOB en 1964 (Mason, 1966). Le système a été câblé pour que le format d'entrée des données soit fixe. Les données sortaient sur une bande de papier perforée parce qu'à cette époque l'enregistrement magnétique était trop coûteux et considéré non fiable pour une exploitation continue en mer. Le ruban de papier perforé avait l'avantage de pouvoir être lu en tout temps par un surveillant qui vérifiait si les données étaient bien enregistrées.

Quelques années plus tard, un système d'acquisition de données plus souple, appelé BIODAL, a été construit. Ce système était entièrement électronique (semiconducteurs). Une partie intégrante du système était une horloge très précise qui donnait l'heure exacte sur tout le navire. La conception technique exceptionnelle de BIODAL nous a permis de l'utiliser sans interruption pendant 20 ans; presque un exploit dans une ère d'innovation rapide dans le domaine de l'électronique.

Les deux systèmes, GEODAL et BIODAL, avaient comme inconvénient de ne permettre qu'un seul format. Le matériel est devenu désuet lorsqu'il n'a plus été possible de remplacer certaines pièces et lorsqu'il est devenu difficile d'y relier de nouveaux instruments à données de sortie numériques. Il a donc fallu conclure de la nécessité d'acquérir un nouveau matériel commandé par logiciel.

Le système d'acquisition de données suivant a été le CIGAL (Loncarevic et Coldwell, 1987), basé sur un ordinateur HP Series 200. Comme cet équipement, encore en usage, est de capacité limitée, on prévoit le remplacer d'ici un an ou deux.

Au début, les données étaient traitées à terre. Le premier mini-ordinateur non spécialisé, un PDP-8 à 4K de mémoire, a été installé sur le *Baffin* en 1967, ce qui a permis d'entreprendre le traitement numérique des données sur place. Au début des années 1970, il a été remplacé par des ordinateurs HP Series 1 000 et, au début des années 1980, par des ordinateurs DEC Microvax II. Lors de la dernière expédition de 1990, on pouvait dénombrer à bord du *Baffin* 20 ordinateurs de bureau, en plus de trois mini-ordinateurs DEC Microvax II et d'une station de travail SUN.

Pour traiter les données à bord, la navigation doit être ajustée. Comme il faut accorder une très grande importance au positionnement exact du navire pendant les levés hydrographiques, le *Baffin* a toujours été équipé des instruments les plus perfectionnés. Avec l'arrivée des satellites de navigation, on a élaboré un système de navigation intégré (BIONAV) qui est demeuré à l'avant-plan de la technologie pendant un certain nombre d'années (Grant et McKeown, 1987).

## Résultats

Les levés annuels étaient routiniers et se déroulaient sans souci de régler des problèmes particuliers; il n'était donc pas prévu que les données recueillies au cours d'une saison pouvaient servir à régler un problème géologique particulier. Le projet avait comme objectif d'enrichir une vaste base de données d'une valeur peut-être exceptionnelle dont l'utilité n'a cessé de s'accroître à mesure que la quantité des observations a augmenté et que la zone couverte s'est étendue.

L'utilisation de données hydrographiques pour l'interprétation géologique des fonds marins a été inaugurée par L.H. King; une série de cartes exceptionnelles de la géologie de surface ont été ainsi dressées (King, 1967; King *et al.*, 1974). Les réalisations de ces recherches géologiques ont été résumées par Pelletier et Buckley (1974).

L'exploitation de la base de données potentielle sur les zones extacôtières a été documentée dans plus de 100 publications scientifiques au cours de 25 dernières années. En voici quelques faits saillants.

La principale réalisation, regroupant toutes les données recueillies, est la publication du volume *Continental Margin of Eastern Canada* (Keen et Williams, 1990). Cet ouvrage présente en quinze chapitres une synthèse des connaissances actuelles sur cette

région, dont plusieurs sont basées sur les données magnétiques et gravimétriques recueillies par le N.S.C. *Baffin* et d'autres navires de l'IOB. Une série de huit cartes à l'échelle de 1 : 5 000 000 montrant de nombreuses formes géologiques, ainsi que la répartition des anomalies gravimétriques et magnétiques font partie de l'ouvrage. La production de ces cartes (Cartes CGC 1708A et 1709 A) constitue une importante synthèse de presque 30 ans de levés et de cueillette de données.

Cet ensemble de données a été utilisé par Woodside et Verhoef (Woodside, 1989; Woodside et Verhoef, 1989) pour décrire de façon plus détaillée la géologie de la plateforme continentale du Labrador. Ils ont ainsi montré que les données gravimétriques et magnétiques constituent un outil de reconnaissance utile dans les zones susceptibles de receler des gisements d'hydrocarbures.

Srivastava a utilisé les données d'une

façon différente pour étudier l'histoire de l'expansion océanique et de la dérive continentale dans la mer du Labrador. En reliant avec soin les anomalies magnétiques des deux côtés de la dorsale du milieu de la mer du Labrador, il a été en mesure de montrer que l'ouverture de la mer du Labrador a eu lieu il y a 92 millions d'années (fig. 3) (Srivastava, 1978; Roest et Srivastava, 1989). Il y a 59 millions d'années, l'expansion du plancher océanique a changé de direction pour s'orienter dans le sens nord-sud; elle a été accompagnée d'un déplacement de cisaillement à travers le détroit de Davis qui a probablement causé la fragmentation de la croûte.

Notre troisième exemple est celui des interprétations géophysiques des levés exécutés autour de Terre-Neuve par R.T. Haworth et autres (Haworth, 1978, 1980, 1981; Haworth et Jacobi, 1983; Haworth et Lefort, 1979). Ces études ont permis d'élucider

certaines problèmes structuraux dans les roches de socle de la croûte entourant Terre-Neuve. Elles ont aussi permis de délimiter l'étendue des structures appalachiennes situées au large et d'établir des corrélations géologiques transatlantiques. Ces indices indépendants ont été importants pour replacer les continents à la position qu'ils occupaient avant l'ouverture de l'Atlantique et pour construire des modèles d'évolution de l'expansion du fond océanique comme ceux de Srivastava et d'autres chercheurs à partir de l'étude des linéations magnétiques.

## Conclusions

Malgré les résultats obtenus par l'interprétation des levés multidisciplinaires mentionnés ci-dessus, l'exploitation de la base de données du *Baffin* vient tout juste de commencer. Les données recueillies à ce jour enrichies par les levés en cours, représentent un trésor national, une partie de

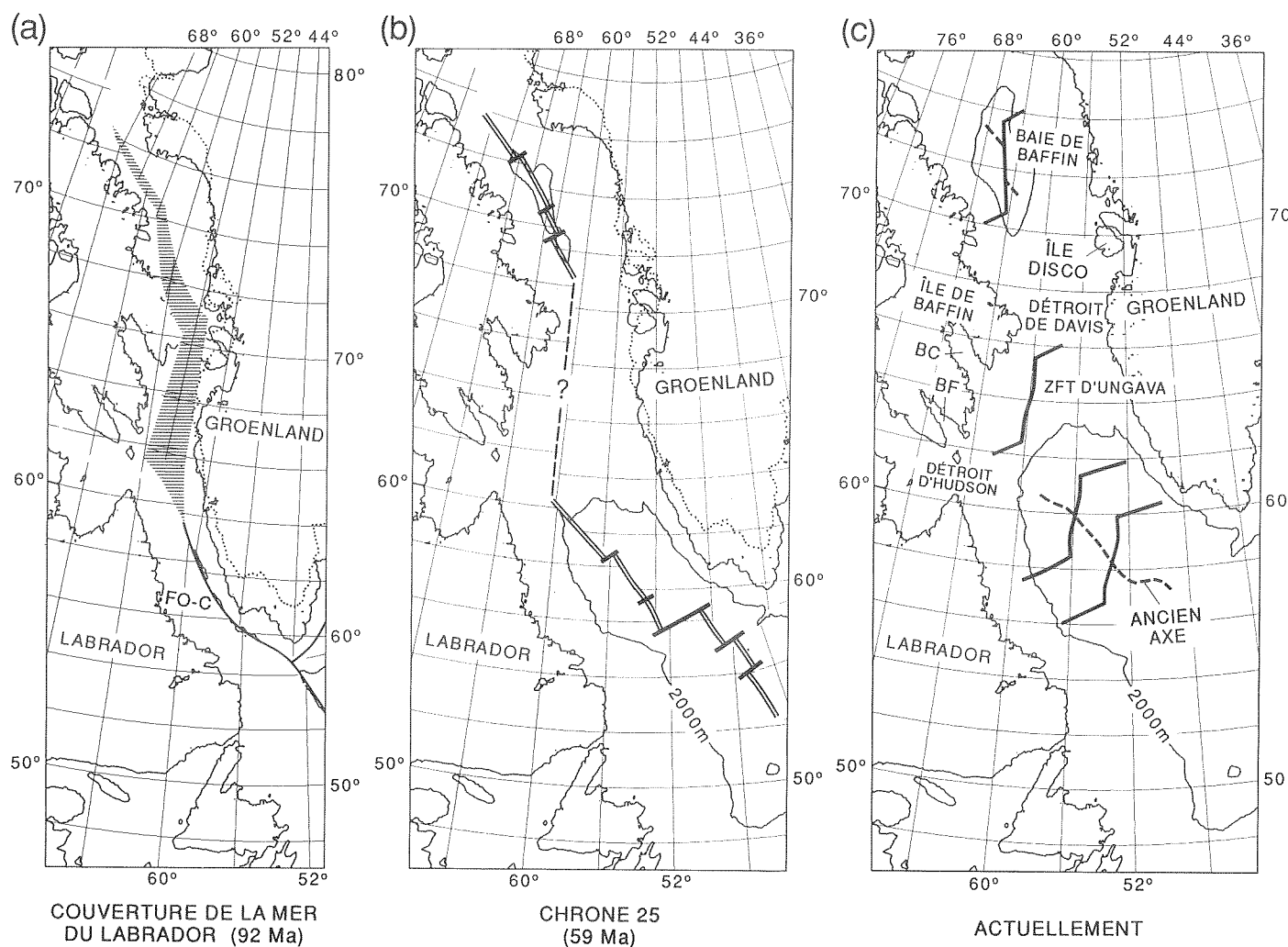


Figure 3. Évolution de la mer du Labrador, montrée en trois étapes : a) à l'ouverture initiale (92 Ma); b) au chrono 25 (59 Ma); et c) actuellement. La zone de recouvrement (ombrée en a) représente la zone d'étirement qui a eu lieu dans le détroit de Davis et la baie de Baffin avant que ne débute l'expansion du fond océanique, au chrono 31 environ (tiré de Roest et Srivastava, 1989).

l'infrastructure scientifique qui nous aidera dans notre recherche incessante de nouvelles ressources tout en rendant possible une gestion responsable de l'environnement.

### Les réalisations

- 1956 : Construction à Montréal par la Canadian Vickers.
- Janvier 1957 : Mise en service à Québec d'où il a mis le cap sur Halifax, son port d'attache pendant ses 34 années d'exploitation.
- Avril 1957 : Mise en oeuvre d'un programme de sondage au large de la côte sud-est de la Nouvelle-Écosse en utilisant le système DECCA classique.
- 4 juillet 1957 : Échouage sur le rocher Noir (sud-est de la Nouvelle-Écosse), causant des dommages à sa coque.
- 1958 : Premier voyage dans l'Arctique; levés dans la baie Frobisher.
- 1960 : Circumnavigation de l'île de Baffin (fig. 4).
- 1962 : Automatisation de l'hydrographie par l'installation d'une table de traçage assisté par ordinateur dans la salle de dessin. Ce concept ambitieux était en avance d'au moins 20 ans sur le plan de la capacité technologique.

- Hiver 1964 : Levé dans les îles Vierges britanniques. Une équipe hydrographique était basée à Tortola tandis qu'une autre à bord du navire réalisait un programme océanographique à Aruba, incluant l'amarrage d'une grosse bouée-tourelle pour les interactions air-mer.
- Hivers 1965-69, 1973 et 1974 : Levés de formation du personnel à Antigua, dans les Barbades, en Jamaïque, à Saint Kitts, à Saint Vincent, à Montserrat, en République Dominicaine et en Guyane.
- Hiver 1976 : Levé multidisciplinaire sur la plate-forme continentale du Sénégal et de la Gambie, parrainé par l'ACDI.
- Hiver 1977 : Étude de la productivité marine, surtout des anchois, au large du Pérou.
- 1982 : Réadaptation de demi-vie du navire pour accroître sa capacité océanographique et améliorer la sécurité des mises à l'eau.
- Hiver 1989 : Remplacement de l'*Hudson* (en réadaptation de demi-vie) dans un important programme océanographique dans la région du détroit du Danemark. Mouillage à Glasgow (Écosse) et, durant la traversée, plusieurs tempêtes violentes dans l'Atlantique Nord.
- Avril 1991 : Retraite discrète, sans défilé

naval ou désarmement, après 34 ans de service pour le Canada, victime de l'âge et d'un manque de fonds.

### Remerciements

Ce compte rendu a été rédigé pour souligner les nombreuses contributions faites par certains collègues du SHC et du CGA qui ont navigué à bord du N.S.C. *Baffin*. Nous tenons également à remercier la bibliothèque de l'IOB pour les documents historiques et la Division des navires (IOB) pour les données statistiques qu'elle nous a fournies.

### Bibliographie

- Buckley, D. E. 1971. Recent marine sediments of Lancaster Sound, District of Franklin. *Maritime Sediments* 7:96-117.
- Fillmore, S., and R. W. Sandilands. 1983. *The Chartmakers: The History of Nautical Surveying in Canada*. NC Press, Toronto.
- Grant, S. T., and D. L. McKeown. 1987. History of navigation research and development at BIO. *Science Review* 1986. Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, N.S.
- Haworth, R. T. 1978. Interpretation of geophysical data in the northern Gulf of St. Lawrence and its relevance to lower Paleozoic geology. *Geological Society of America Bulletin* 89:1091-1110.
- Haworth, R. T. 1980. Appalachian structural trends northeast of Newfoundland and their Trans-Atlantic correlation. *Tectonophysics* 64:111-130.
- Haworth, R. T. 1981. Geophysical expression of Appalachian-Caledonide structures on the continental margin of the North Atlantic. In: J. W. Ferguson and A. J. Kerr (eds.), *Geology of the North Atlantic Borderlands*. Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir 7:429-446.
- Haworth, R. T., and R. D. Jacobi. 1983. Geophysical correlation between the geological zonation of Newfoundland and the British Isles. In: R. D. Hatcher, H. Williams, and I. Zeitz (eds.), *Contributions to the Tectonics and Geophysics of Mountain Chains*. Geological Society of America Memoir 158:25-32.
- Haworth, R. T., and J. P. Lefort. 1979. Geophysical evidence for the extent of the Avalon zone in Atlantic Canada. *Can. J. Earth Sci.* 16:552-567.
- Keen, M. J., and G. L. Williams (eds.). 1990. *Geology of the Continental Margin of Eastern Canada*. Geological Survey of Canada, 2.
- Kerr, A. J. 1987. New thrusts in hydrographic technology. *Science Review* 1986. Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, N.S.
- King, L. H. 1967. Use of a conventional echosounder analyses in delineating sedimentary facies - Scotian Shelf. *Can. J. Earth Sci.* 5:691-708.
- King, L. H., B. Maclean, and G. B. Fader. 1974. Surficial and bedrock geology of the Scotian Shelf and Grand Banks. Geological Survey of Canada paper 74-1A:117.
- Loncarevic, B. D. 1975. Historical origin of cooperation between hydrography and oceanography. *Proc. 14 Ann. Can. Hydrog. Conf.*, Halifax:15-20.
- Loncarevic, B. D. 1976. Modern hydrography as

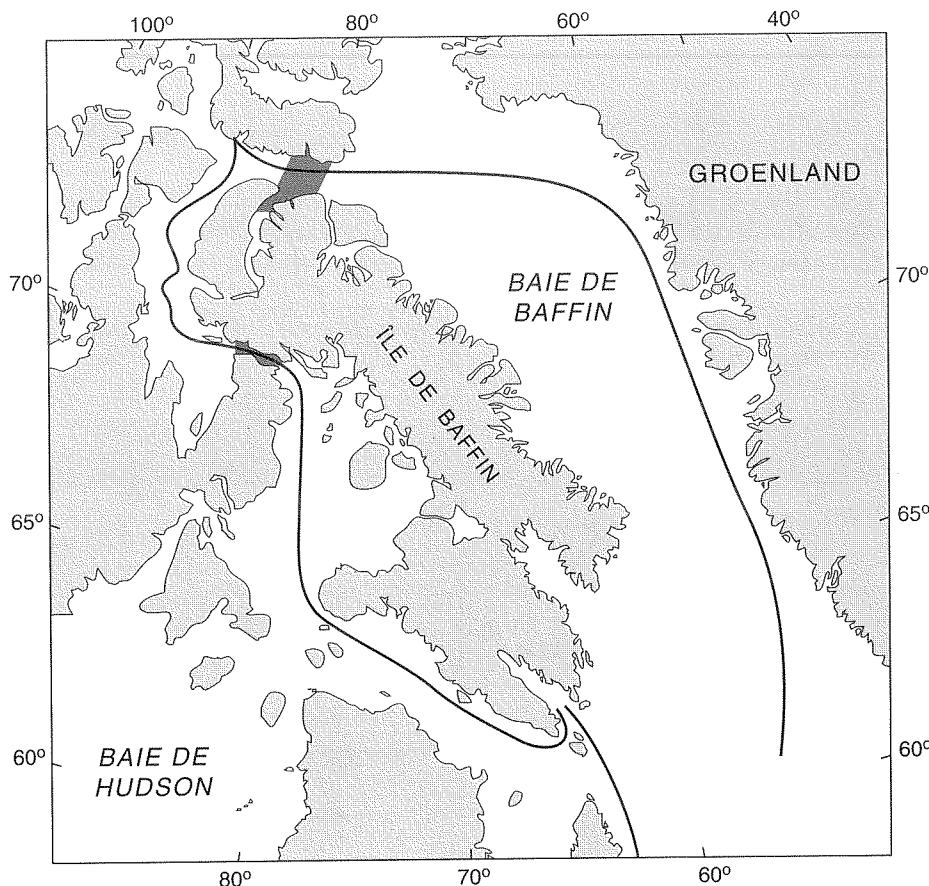


Figure 4. Carte montrant le parcours de la première circumnavigation de l'île de Baffin par le N.S.C. *Baffin* en 1960.

seen by a geoscientist. Lighthouse, J. Can. Hydrog. Ass. 13:6-7.

Loncarevic, B. D., and E. Coldwell, E. 1987. Computer based shipboard data acquisition and logging. Proc. IEEE - Oceans 87, 3:1119-1124.

Loncarevic, B. D., D. J. W. Piper, and G. B. J. Fader. 1992. Application of high quality bathymetry to geological interpretation on the Scotian Shelf. Geoscience Canada (in press).

Loncarevic, B. D., and J. Woodside. 1991. Multiparameter surveys offshore Nova Scotia in 1988 and 1989. In: Current Research, Part D. Geological Survey of Canada paper 91-1D:157-167.

Macnab, R. F. 1983. Multiparameter mapping off the East Coast of Canada. In: Current Research, Part A. Geological Survey of Canada paper 83-1A:163-171.

Mason, C. S. 1966. A geophysical data logging system for shipboard use. J. Ocean Technol. 1:35-44.

Pelletier, B. R., and D. E. Buckley. 1974. The development of environmental marine geology at the Bedford Institute of Oceanography. In: Offshore Geology of Eastern Canada. Geological Survey of Canada paper 74-30, 1:1-45.

Roest, W. R., and S. P. Srivastava. 1989. Sea-floor spreading in the Labrador Sea: A new reconstruction. Geology 17:1000-1003.

Srivastava, S. P. 1978. Evolution of the Labrador Sea and its bearing on the early evolution of the North Atlantic. R. Astronom. Soc. Geophys. J. 58:313-357.

Verhoef, J., and R. F. Macnab. 1987. Magnetic data over the continental margin of Eastern Canada:

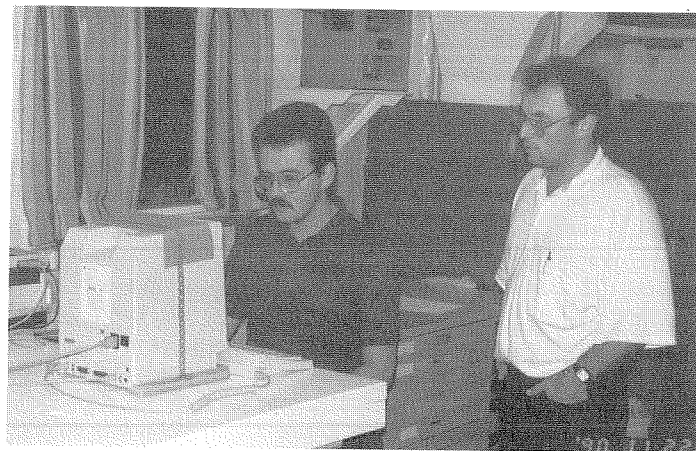
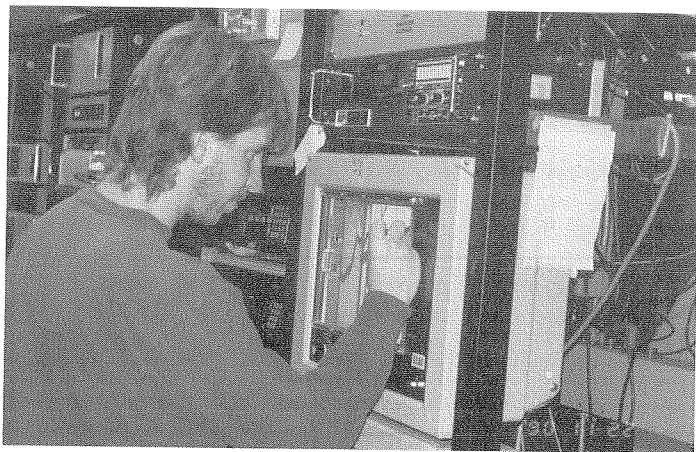
Preparation of a database and construction of a 1:5 million magnetic anomaly map. Geological Survey of Canada, GSC Open File 1504.

Verhoef, J., and A. Sherin. 1990. Management of marine geoscience data. In: T. E. Smith (ed.), Science Review 1988 & '89. Department of Fisheries & Oceans, Dartmouth, N.S.

Woodside, J. M. 1989. Labrador offshore basins defined by potential field data. Can. J. Explor. Geophys. 25:138-149.

Woodside, J. M., R. K. McConnell *et al.* 1986. Integration of Atlantic Geoscience Centre marine gravity data into National Gravity Data Base. Geological Survey of Canada, GSC Open File 1232.

Woodside, J. M., and J. Verhoef 1989. Geological and tectonic framework of Eastern Canada as interpreted from potential field imagery. Geological Survey of Canada paper 88-26.



*Hydrographes au travail durant le dernier voyage du Baffin.*

## Le Programme d'adaptation des pêches de l'Atlantique

R. O'Boyle, K. Drinkwater, B. Petrie, T. Rowell et P. Vass



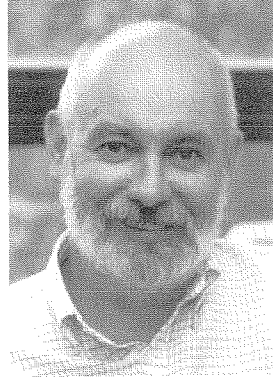
R. O'Boyle



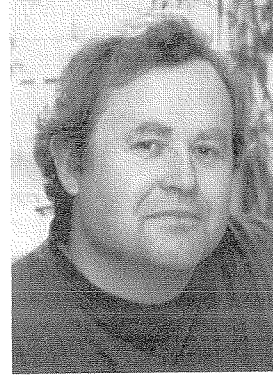
K. Drinkwater



B. Petrie



T. Rowell



P. Vass

En été 1989, une crise frappa l'industrie du poisson de fond en Nouvelle-Écosse. En juin, les flottilles de pêche avaient déjà capturé la plus grande partie de leurs contingents annuels. Il s'ensuivit une interruption de l'approvisionnement qui entraîna des fermetures d'usine et des licenciements, et engendra de dures épreuves pour ceux dont la subsistance dépendait de la pêche. La crise était le symptôme du mal profond qui minait la pêche depuis le début des années 80. Aussi, en juillet, le ministre des Pêches et des Océans (MPO), M. Tom Siddon, confia-t-il au Groupe de travail sur la pêche du poisson de fond dans la région de Scotia-Fundy, dirigé par M. J.-E. Haché, le soin d'examiner l'industrie de la pêche dans la région et de formuler des recommandations pour garantir son avenir.

En décembre 1989, au terme d'abondantes consultations avec tous les secteurs de l'industrie, le groupe de travail déposait son rapport (Haché, 1989), exposant le résultat de ses audiences et les mesures qu'il jugeait nécessaires. Le Ministre accepta les recommandations du groupe et y donna suite en créant le Programme d'adaptation des pêches de l'Atlantique (PAPA).

Les questions scientifiques revêtent une place prédominante dans les recommandations du groupe de travail et, partant, dans le PAPA, le principe directeur étant de faire en sorte que les travaux des scientifiques correspondent aux besoins des pêcheurs et qu'ils fassent l'objet d'un échange d'information, dans les deux sens, entre les scientifiques et tous les secteurs de l'industrie. Les recommandations mises de l'avant portaient sur un éventail de sujets, dont les suivants :

- accroître la collaboration entre les pêcheurs et les scientifiques dans l'étude des facteurs

biologiques et environnementaux qui influent sur la pêche;

- chercher à comprendre comment les facteurs environnementaux, comme la température, influent sur la distribution et sur la productivité des populations de poisson;
- étudier les effets de la présence du phoque et du ver de phoque sur les populations de poisson et sur la qualité du poisson;
- étudier les effets de la pêche à la palangre sur les populations de poisson;
- étudier les effets de la pêche au filet maillant et du chalutage sur l'habitat;
- améliorer les évaluations scientifiques du Ministère.

Des programmes scientifiques ont été mis sur pied dans le cadre du PAPA dans chacun des domaines susmentionnés. Dans notre bref article, nous ne pouvons les traiter tous adéquatement. D'ailleurs, les résultats de certains de ces programmes sont encore préliminaires. Par conséquent, nous ne présentons ici que quelques faits saillants. Les lecteurs pourront obtenir des renseignements plus détaillés auprès de l'auteur compétent.

### Études coopératives entre la science et l'industrie

Les pêcheurs passent une bonne partie de leur vie en mer à récolter les poissons nécessaires à leur subsistance. Ils ont donc constamment l'occasion d'observer la biologie de ces créatures complexes et constituent de ce fait une source utile d'information pour les scientifiques. Toutefois, leur compréhension est parfois faussée par les conditions locales, en particulier par la nécessité dans laquelle ils se trouvent de chercher et de récolter des bancs

de poissons commercialement rentables. Pour leur part, les scientifiques tentent de mettre sur pied des programmes d'échantillonnage visant à éliminer toute partialité et à établir une perspective d'ensemble. On ne peut s'attendre, toutefois, à ce que leurs efforts permettent un échantillonnage de la population de poisson de la même envergure que celui des flottilles de pêche commerciale. Mais grâce à la coopération entre scientifiques et pêcheurs, on peut obtenir le meilleur des deux secteurs. Les échanges sur les questions d'intérêt commun auront pour effet non seulement d'accroître notre connaissance de la biologie du poisson, mais également d'améliorer l'évaluation et la gestion de la ressource.

Ainsi, pour examiner la biologie de la morue dans la baie de Sydney (division 4Vn de l'Organisation des pêches de l'Atlantique nord-ouest [OPANO]), on a lancé une étude coopérative faisant appel aux scientifiques et à l'industrie. La gestion de la pêche de la morue dans cette division a toujours été difficile en raison du mélange du stock avec ceux des zones adjacentes. La morue du golfe du Saint-Laurent, en particulier, migre tous les ans dans 4Vn entre janvier et avril. La présence de ce stock beaucoup plus gros dans la baie de Sydney peut avoir contribué à masquer l'épuisement du stock indigène ces dernières années.

Jusqu'ici, l'étude s'est attachée à délimiter les frayères et alevinières du stock local. On a consulté les pêcheurs à ce sujet au début de 1991. Puis, en se fondant sur les renseignements recueillis, on a effectué sept campagnes d'évaluation d'environ dix jours chacune, à intervalles d'à peu près un mois, d'avril à novembre 1991. Au cours de ces campagnes, on a notamment récolté des oeufs



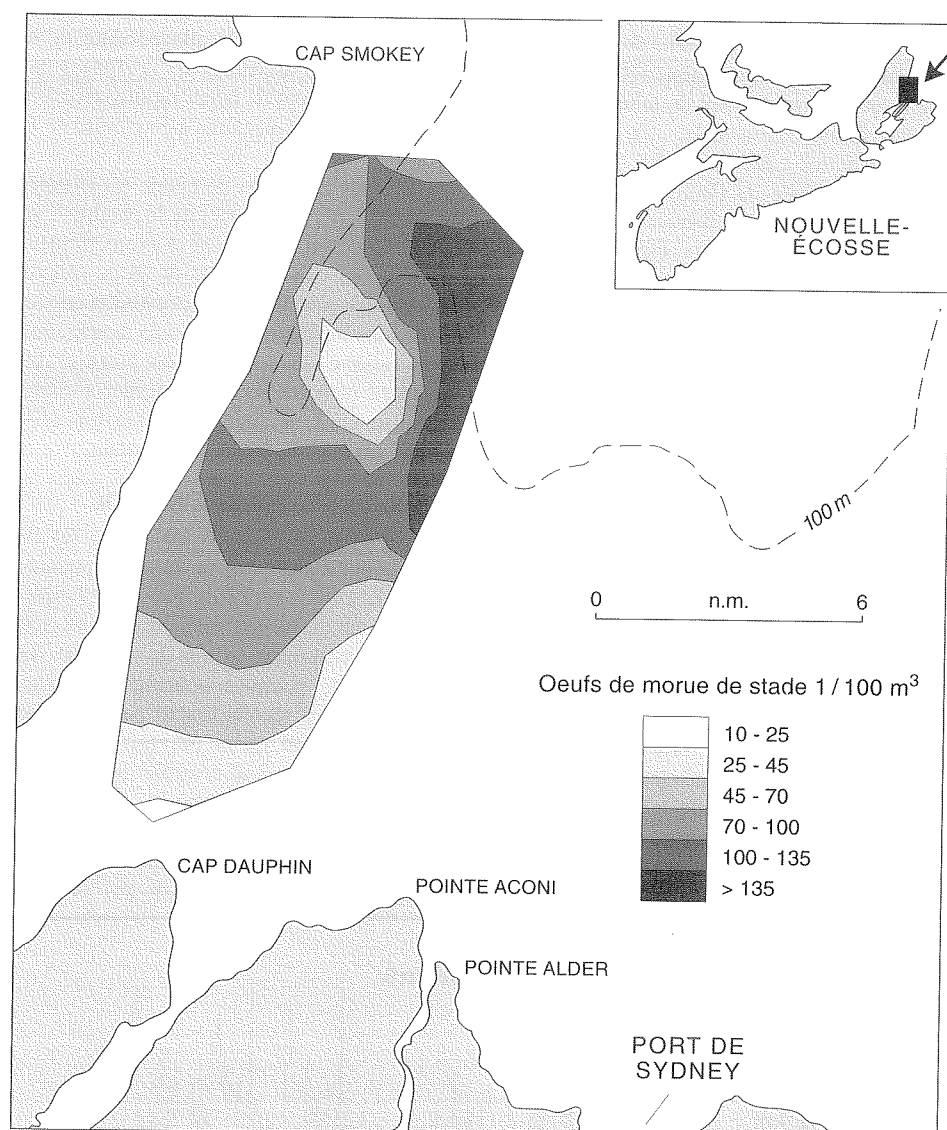


Figure 1. Résultats d'une évaluation des oeufs de morue pondus dans la baie de Sydney réalisée les 9 et 10 mai 1991.

et des larves de poisson au moyen de filets à maillage fin, procédé à des chalutages de fond pour ramener des juvéniles et récolté des échantillons d'eau pour en mesurer la température et la salinité. Les scientifiques ont établi des rapports étroits avec les pêcheurs, qui les ont informés des mouvements saisonniers de la morue, ce qui leur a permis d'ajuster en conséquence les données provenant de l'échantillonnage.

Les résultats ont révélé que la morue fraye en avril sur le banc Smokey (fig. 1) et dans le lac Bras d'Or. (On ne comprend pas encore très bien le lien existant entre la morue de la baie de Sydney et celle du lac Bras d'Or). L'analyse initiale des échantillons de plancton a reflété un niveau faible de frai. Une fois l'analyse terminée, on aura peut-être une idée de la grandeur minimale du stock de morue de

la baie de Sydney.

Les agrégats de juvéniles (de 10 à 20 cm de longueur) se trouvaient généralement et presque exclusivement près de l'île Bird. S'il s'avère que l'endroit est une alevinière pour le stock, cela ouvre des possibilités d'évaluation annuelle et donc d'établissement d'un repère de force des classes d'âge pouvant servir à l'évaluation des stocks.

Depuis longtemps, les pêcheurs considèrent que la température de l'eau a une influence considérable sur les migrations du poisson, et donc sur les captures. Au printemps 1991, les prises de morue dans la baie de Sydney étaient anormalement faibles, coïncidant avec les basses températures de l'eau observées lors des campagnes d'échantillonnage du MPO. Il apparaît donc que les observations anecdotiques des pêcheurs sont

fondées sur un phénomène biologique réel. L'an prochain, nous étudierons plus avant ce phénomène, avec l'aide des pêcheurs, lesquels utiliseront des enregistreurs de la température de l'eau – fournis par la Direction des sciences biologiques – au cours des opérations de pêche courantes.

Ces enregistreurs de température ont été conçus dans le cadre d'une autre opération, s'inscrivant dans le PAPA, entreprise dans le sud-ouest de la Nouvelle-Écosse. Dans ce dernier cas, un groupe d'environ 35 pêcheurs collabore avec des scientifiques du MPO à une étude visant à déterminer l'influence de la température, des vents, des marées, etc. sur les taux de prise. Bien qu'il soit encore trop tôt pour en présenter les résultats, l'étude démontre combien les pêcheurs de la région sont intéressés à comprendre l'influence des facteurs environnementaux sur les stocks de poisson et sur les taux de prise.

### Influence de l'environnement sur la productivité du poisson

On sait que les fluctuations de la température et de la salinité des eaux de la plate-forme continentale influent sur la distribution du poisson et risquent d'avoir des effets sur le recrutement et sur l'abondance de ce dernier. L'intérêt récent envers la variabilité de l'océan a été suscité par le recul de plusieurs stocks importants de poisson de fond et par les prévisions d'un éventuel changement climatique dû au CO<sub>2</sub>.

Comme première étape vers l'intégration des renseignements sur le changement climatique à la gestion des pêches, on a mis sur pied un groupe de travail du PAPA, composé d'océanographes physiciens et d'ichtyobiologistes, pour coordonner l'étude de ce phénomène climatique dans la région de Scotia-Fundy. Un examen approfondi des données historiques a déjà commencé, dans le but de cerner les échelles spatio-temporelles de variation de la température et de la salinité.

L'étude en question examinera aussi les forces qui agissent sur les changements climatiques locaux et placera ces derniers dans une perspective géographique, au moyen de comparaisons avec les écarts observés dans d'autres régions de l'Atlantique nord-ouest. En se fondant sur les résultats obtenus, on mettra sur pied un programme de surveillance des variations climatiques sur la plate-forme néo-écossaise et dans le golfe du Maine.

Dans un premier temps, on a rassemblé des séries temporelles de données océanographiques, météorologiques et hydrologiques dont on disposait pour avoir une idée initiale des échelles de variabilité de l'océan et de leur relation avec les forces météorologiques et hydrologiques possibles. De plus, on a

recueilli d'autres données historiques sur la température et la salinité des eaux de la région de Scotia-Fundy auprès des Archives nationales du Canada et dans des documents des États-Unis, en les enrichissant de renseignements provenant d'autres sources. Ces données servent à évaluer les indices actuels du climat de l'océan et à en définir de nouveaux, s'il y a lieu. Les premiers résultats, fondés sur l'analyse de ces repères, figurent ci-après.

Tandis que les études antérieures étaient axées sur les régimes de température de la surface de l'océan, celle qui est financée dans le cadre du PAPA porte sur les changements qui se produisent sous la surface. L'analyse des données recueillies à long terme dans le bassin Émeraude, au centre de la plate-forme néo-écossaise (Petrie *et al.*, 1991), a révélé que les variations de la température de subsurface se produisent en bonne part sur de longues périodes (de 10 à 20 ans). D'après les mesures effectuées (fig. 2), après avoir atteint un maximum au début des années 50, les températures ont chuté graduellement, pour atteindre un minimum dans les années 60, puis ont remonté rapidement au début des années 70 et sont depuis demeurées relativement stables ou ont baissé légèrement. Cette caractéristique se manifeste à toutes les profondeurs dans le bassin Émeraude, malgré

les origines différentes des eaux peu profondes (moins de 100 m) et des eaux profondes; les premières viennent des régions côtières, tandis que les secondes viennent du talus adjacent à la plate-forme continentale. Ce scénario se répète dans les eaux profondes du golfe du Maine, de la baie de Fundy et du golfe du Saint-Laurent, ainsi que dans les eaux côtières superficielles de divers endroits de la Nouvelle-Écosse, du Nouveau-Brunswick et du Maine. Cela révèle une cohérence à vaste échelle des changements climatiques survenant sous la surface de l'eau dans la région.

Le fait que l'amplitude maximale des variations de température à long terme dans le bassin Émeraude se situait à des profondeurs de 100 à 150 m est un phénomène très intéressant. En ce qui concerne les eaux proches de la surface, l'amplitude était environ la moitié de celle constatée à 100 m, ce qui permet de croire que les variations n'étaient pas dues à un réchauffement ou à un refroidissement local de l'atmosphère. Ce résultat a récemment été confirmé par un modèle informatique conçu par des confrères de l'université Dalhousie. Les plus grandes variations, survenant dans les masses d'eau provenant du talus continental, permettent de déduire que les changements climatiques à long terme dans la région de la Scotia-Fundy ont une origine océanique dans une large part.

L'intrusion de ces eaux océaniques sous la surface au-dessus de la plate-forme et le brassage vertical ascendant de la chaleur qui s'ensuit contribuent de façon significative à la variabilité des températures à proximité de la surface.

D'après les études en cours, les changements observés pourraient être le résultat d'un flux plus intensif vers l'ouest des eaux formées au large des Grands Bancs de Terre-Neuve. On envisage actuellement la possibilité que les différences interannuelles dans la température et la salinité de ces eaux du large et les variations dans les échanges air-mer au large contribuent aux variations de température et de salinité sur la plate-forme continentale.

### Le rôle du phoque dans la pêche

En 1986, la Commission royale sur les phoques et l'industrie de la chasse au phoques (Malouf, 1986) déclarait que les phoques avaient une influence majeure sur les ressources halieutiques et que le contrôle des troupeaux de phoques pourrait être avantageux. Elle ne recommandait pas la chasse, mais considérait qu'on devrait envisager d'autres méthodes pour contrôler le phoque et son parasite, le ver de phoque. La question ayant été soulevée à nouveau au cours des consultations du Groupe de travail Haché, les travaux scientifiques amorcés par la com-

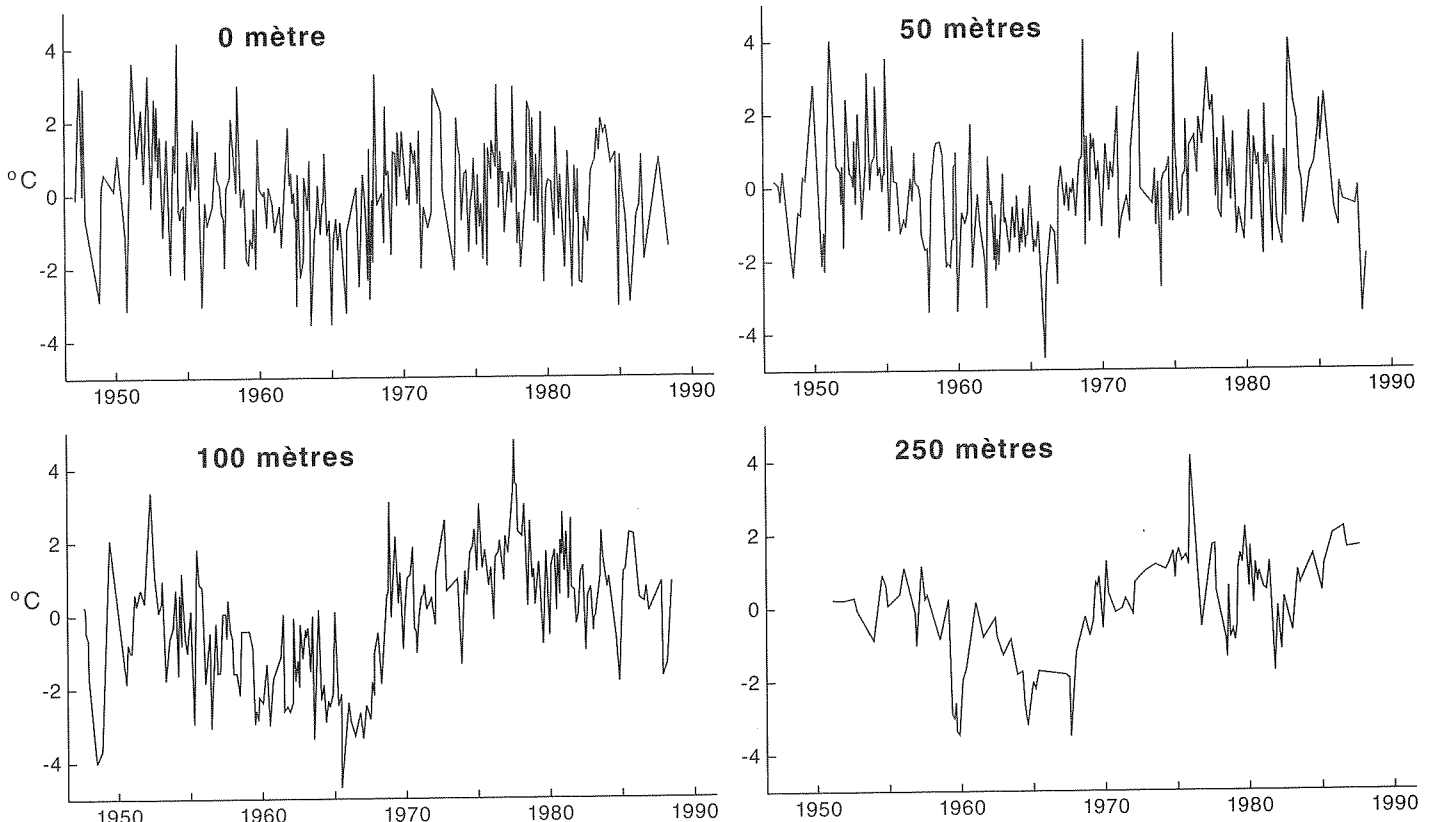


Figure 2. Anomalies de température à 0, 50, 100 et 250 mètres dans le bassin Émeraude de 1946 à 1988.

mission se sont donc poursuivis dans le cadre du PAPA.

L'action entreprise est double. D'abord, par l'intermédiaire du programme connu sous le nom de programme d'intervention sur le ver de phoque (PIVP), on étudie les moyens chimiques et immunologiques qui pourraient permettre de limiter la production de phoques et l'infestation par le ver de phoque. Ensuite, dans le cadre du programme écologique sur le phoque et le ver de phoque (PEPVP), on étudie le cycle biologique du phoque et du ver de phoque dans le but d'obtenir des données fondamentales permettant d'évaluer le rapport entre la grosseur des populations de phoque et des populations de poisson, ainsi que l'abondance du ver de phoque dans le milieu marin. Grâce aux résultats de ces deux programmes, les décideurs disposeront des renseignements dont ils ont besoin pour déterminer s'il convient de contrôler les troupeaux de phoques et comment y parvenir.

**PIVP :** Ce programme, exécuté en association avec l'université Dalhousie, vise à déterminer s'il est possible de limiter le nombre de vers de phoque au moyen de drogues comme l'anthelminthique (ou vermifuge), l'ivermectine et un nouveau vaccin. Il se penche aussi sur le contrôle de la fertilité du phoque gris femelle à l'aide d'un immun contraceptif.

En laboratoire, l'ivermectine s'est avérée efficace à réduire la fécondité des vers de phoque présents dans des estomacs de cet animal. Le PIVP a abouti à la fabrication d'un produit à libération prolongée qui provoque chez le phoque des taux sériques très supérieurs à ceux obtenus avec l'ivermectine commerciale et qui durent deux fois plus longtemps. Quoique l'on soit arrivé à maintenir des taux sériques élevés, l'efficacité de la drogue n'est encore pas certaine. On entreprendra d'autres recherches sur la composition du produit avant de passer aux essais sur le terrain.

Le but de l'étude immunologique est de réduire les vers de phoque en immunisant ces derniers au moyen de protéines de ver de phoque sélectionnées qui susciteront une réaction allergique, si bien que les phoques élimineront ces vers, soit en rejetant le poisson qui en est porteur, soit en les expulsant par les voies digestives. Jusqu'ici, le programme a surtout porté sur l'identification des ingrédients actifs des protéines du ver de phoque.

On a découvert deux protéines immunogènes dans le ver de phoque : l'une est un type unique d'hémoglobine et l'autre est du collagène. On a également trouvé une troisième protéine, plus petite, qui est comparable à d'autres parasites vermiformes. Les résultats préliminaires révèlent que

l'immunisation au moyen de ces protéines pourra réduire la quantité de vers chez les animaux infectés. Il sera nécessaire de produire de grandes quantités des protéines immunogéniques pures pour effectuer d'autres études, ce qui peut être fait rapidement et efficacement grâce au clonage. On est ainsi parvenu à cloner le gène intégral de l'hémoglobine et un segment partiel de la protéine de collagène. Les scientifiques participant au programme entendent aussi cloner le gène de la troisième protéine. Il se pourrait qu'on puisse mettre ces protéines immunogéniques à l'essai sur le terrain en 1992.

Les chercheurs du PIVP examinent également l'utilisation possible des glycoprotéines provenant de la zone pellucide (membrane superficielle de l'oeuf) comme immun contracepteurs chez le phoque gris. Cette méthode a donné de bons résultats chez les chevaux sauvages et les chevreuils, mais le phoque présente des problèmes uniques. D'abord, il n'est accessible que durant trois à quatre semaines dans l'année; par conséquent, pour être efficace, l'immun contraception doit s'effectuer au moyen d'une seule injection. Les chercheurs ont étudié un système de libération capable d'empêcher les naissances jusqu'à cinq ans après l'injection d'une seule dose. Les expériences de production de systèmes pilotes en laboratoire ont été fructueuses et on a entrepris des essais sur 200 phoques en janvier et février 1992. Les résultats de ces essais devraient être connus en 1994.

Pour compléter ces essais, on procédera à des études sur des phoques captifs, en particulier en ce qui à trait aux systèmes de libération des immun contraceptifs. À l'heure actuelle, l'utilisation d'un vaccin modifié produit des niveaux d'anticorps supérieurs de 200 à 400 % à ceux que l'on sait être immun contraceptifs. De plus, la surveillance prolongée révèle que ces niveaux élevés persistent. Le programme de surveillance est en place depuis l'été 1991 et se poursuivra pendant au moins un an. En se fondant sur les résultats obtenus, on utilisera des phoques capturés en février 1992 pour étudier les systèmes de libération pouvant servir à l'immunisation d'un grand nombre de phoque sur le terrain.

**PEPVP :** Ce programme porte sur l'étude de l'abondance du phoque et du ver de phoque, ainsi que sur les liens écologiques entre les deux espèces, particulièrement dans l'alimentation du phoque.

Les recherches sur les tendances de la population révèlent que le nombre de phoques gris nés sur l'île de Sable a connu une croissance annuelle d'environ 12 %, augmentant de quelque 2 000 nouveaux nés au

milieu des années 70 à plus de 10 000 en 1990 (fig. 3 – Stobo et Zwanenburg, 1990). Par le passé, on a procédé à des évaluations sur place pour dénombrer les phoques et marquer leurs petits. Mais leur nombre croissant rapidement, il faut désormais recourir à de nouvelles techniques d'évaluation, comme la photographie aérienne. Cette méthode est actuellement mise à l'épreuve et sera privilégiée à l'avenir. On recueille aussi des renseignements sur l'observation de phoques gris marqués à la naissance. Ces données fourniront de meilleures estimations de la mortalité et de la reproduction des phoques gris.

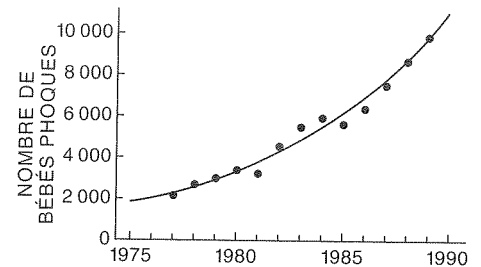


Figure 3. Production totale de jeunes phoques gris observée sur l'île de Sable de 1977 à 1989 (Stobo et Zwanenburg, 1990).

L'infestation des poissons par le phoque est également à la hausse. Une comparaison des données recueillies antérieurement par des inspecteurs du poisson et de celles qui ont été recueillies plus récemment révèle que le pourcentage de poissons infestés par le ver de phoque, ainsi que le nombre de vers présents dans les morues et les plies canadiennes de la plate-forme néo-écossaise et de celle du Cap-Breton, a augmenté considérablement entre 1958 et le début des années 80.

Entre les années 80 et 90, on a procédé à des campagnes d'évaluation de la plie canadienne à plus de 50 endroits dans l'est du Canada. Celles-ci ont révélé que les niveaux d'infestation sont restés inchangés au large du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve, ainsi que sur les Grands Bancs de Terre-Neuve, mais qu'ils ont continué d'augmenter dans les plies du sud de Terre-Neuve, du golfe du Saint-Laurent, de la plate-forme néo-écossaise et de celle du Cap-Breton. En fait, ils ont augmenté jusqu'à dix fois dans certaines zones du sud du golfe du Saint-Laurent et de la plate-forme néo-écossaise.

Une campagne d'évaluation de plus de 24 espèces réalisée en 1989-1990 sur la plate-forme du Cap-Breton, sur le banc de l'île de Sable et au sud-ouest de la Nouvelle-Écosse a révélé que le ver de phoque est devenu de plus en plus abondant dans d'autres espèces commerciales, dont l'aiglefin, le sébaste, la

plie grise, la limande à queue jaune et la limande-sole. On a également relevé une forte infestation chez la baudroie, le brosmes, le merlu argenté, la loche de mer, la lompe, diverses lottes de rivière et le chabot du Nord. Quoique ces espèces ne revêtent pas une grande importance commerciale, elles jouent un grand rôle dans la transmission du parasite aux poissons commerciaux et au phoque gris.

Par ailleurs, des études comparatives du régime alimentaire de trois espèces de poisson plat du banc de l'île de Sable révèlent que des petits crustacés ressemblant à des crevettes, appelés mysidacés, semblent être une importante source d'infestation de ces espèces par le ver du phoque. Cette découverte vient combler une grande lacune dans notre connaissance du début du cycle vital du ver de phoque. Pour mieux comprendre celui-ci, on surveille aussi l'abondance du ver de phoque dans les phoques gris de l'île de Sable et en divers endroits des côtes du Cap-Breton et de la baie de Fundy.

Le lien critique entre le ver de phoque et le poisson est le régime alimentaire du phoque. Par conséquent, un certain nombre d'études sont en cours qui visent à déterminer les besoins alimentaires et énergétiques du phoque ainsi que la composition de ses prises de subsistance et la façon dont elle varie selon le lieu et la saison. Les résultats de ces études sont décrits à l'article intitulé «Métabolisme énergétique des populations de phoques de la plate-forme néo-écossaise».

### Les effets de la pêche sur l'habitat

Avant et durant les travaux du Groupe de travail Haché, on s'est inquiété des effets possibles, à court et à long termes, du chalutage et du dragage sur le plancher océanique et sur les organismes qui y vivent, les pêcheurs estimant que les perturbations constantes du fond occasionnées par la pêche risquent de modifier à la longue l'écosystème, soit la composition des prises et la productivité des stocks. Ce sujet complexe a récemment été examiné par des scientifiques (Messieh *et al.*, 1991), qui ont constaté que nos connaissances à cet égard laissent beaucoup à désirer. Aussi a-t-on entrepris une étude dans le cadre du PAPA pour combler ces lacunes.

La zone intertidale du bassin des Mines, situé dans l'arrière-baie de Fundy, où pêchent régulièrement des petits chalutiers, constituait un endroit idéal pour examiner les effets du chalutage sur le fond de mer. En effet, lorsque la mer se retire du bassin, on peut marcher sur le fond pour aller constater de visu les traces laissées dans la boue par un chalut et évaluer ainsi directement les effets physiques et biologiques de la pêche.

En automne 1990, on a donc affrété un

bateau pour tirer un petit chalut à flets en divers endroits du bassin. On a constaté par la suite que les traces du passage du chalut sont demeurées visibles pendant au moins neuf mois (fig. 4). Ces traces étaient larges de 23 m, ce qui correspondait à la taille du chalut utilisé. Un examen détaillé des traces a révélé que la perturbation la plus profonde du fond de mer était occasionnée par les panneaux de chalut, de 181 kg chacun, qui laissaient une marque de 5 cm de profondeur et de 0,75 à 0,85 m de largeur. Sur le passage du filet lui-même et des diabolos, les sédiments ne semblaient avoir été que très légèrement comprimés et on ne constatait pratiquement pas de raclage ou de déplacement des sédiments. On a relevé également peu de traces sur le passage du bras de chalut, situé entre le filet et les panneaux. Globalement, seulement 12 % de la zone de traînée du chalut et des panneaux a été physiquement perturbé.

Les répercussions biologiques sur la communauté benthique de la zone touchée semblent aussi limitées, cela étant dû en partie à la rareté des invertébrés dans la zone en question. La biote était constituée presque exclusivement d'endofaune et se composait

essentiellement de vers marins ou de polychètes. L'organisme le plus abondant dans les sédiments était le polychète *Clymenella torquata*, qui vit enfoui à des profondeurs de 10 à 15 cm, soit bien en dessous de la couche de perturbation observée. L'autre macrofaune présente était constituée d'organismes libres, et quoique certains aient pu être endommagés (ce dont on a trouvé peu de preuves), la plupart ont sans doute été simplement déplacés. On n'a trouvé aucun crustacé, mollusque ou échinoderme. Eussent-ils été présents, les répercussions biologiques auraient peut-être été plus grandes.

Une étude de trois ans a également été entreprise en collaboration avec des scientifiques du Centre des pêches de l'Atlantique nord-ouest, de St. John's (T.-N.), dans le but d'examiner les effets des chaluts sur les Grands Bancs de Terre-Neuve et la plate-forme néo-écossaise. Sur cette dernière, on a choisi comme site d'étude le banc Western, dont environ la moitié est fermée aux pêcheurs aux engins mobiles depuis 1986, à titre de mesure de conservation de l'aiglefin. En examinant l'intérieur et la périphérie de la zone fermée, on sera en mesure de déterminer



Figure 4. Traces laissées dans une zone intertidale au large de la plage Dehaven par un chalut à flets de 18 m (N) et par les panneaux de ce chalut (D). Photo prise à une altitude d'environ 150 m.

les effets du chalutage depuis la fermeture. On compte également réaliser des expériences de chalutage à l'intérieur de la zone en question, de manière à analyser les effets de cette méthode de pêche à court et à long termes.

Contrairement à ce qui est possible dans le bassin des Mines, l'observation du fond de mer au grand large pose des problèmes uniques. Ainsi, on ne peut simplement attendre que la mer baisse pour procéder à l'étude du terrain. C'est pourquoi, on s'est d'abord consacré, en 1991, à l'élaboration d'une batterie d'équipement qui permettrait de procéder à une étude complète du fond. En fait notamment partie le sonar à balayage vertical, qui est remorqué par un navire scientifique et qui fournit des renseignements sur les caractéristiques de la surface du plancher océanique. On entend installer ultérieurement la batterie d'équipement sur le BRUTIV (Plate-forme d'instruments sous-marine remorquée), traîne qui «survole» le fond marin. On dispose aussi d'une traîne épibenthique, équipée d'une caméra vidéo. Cet instrument est traîné sur le fond, à la manière d'une drague à pétoncles, cueillant au passage des animaux benthiques.

Pour obtenir des échantillons des animaux enfouis dans le sol marin, on pourra compter sur une benne preneuse, équipée d'un système vidéo à haute résolution. Une fois que l'on aura repéré une zone intéressante, d'après les résultats obtenus au moyen d'un autre engin, on descendra la benne sur le fond de mer, en un point choisi au moyen du système vidéo, et on déclenchera la fermeture de ses mâchoires hydrauliques pour emprisonner un échantillon du fond, qui sera ensuite ramené à la surface aux fins d'examen. Cet assemblage d'instruments d'échantillonnage est prêt à être utilisé en 1993.

En plus de s'interroger sur les effets du chalutage, les pêcheurs s'inquiètent aussi de ce que les filets maillants perdus continuent de pêcher et sont responsables d'une forte mortalité parmi les stocks de poisson. Ils réclament des restrictions sévères sur la pêche au filet maillant afin d'éliminer cette «pêche fantôme». Comme on dispose de peu de renseignements sur le phénomène, la Direction des sciences du MPO, en association avec la Division du développement des pêches et des services aux pêcheurs (maintenant appelée Direction des services à l'industrie et des pêches autochtones) du Ministère, a entrepris une étude de la situation, dans le cadre du PAPA.

Le banc Georges est un endroit où les pêcheurs croient que les filets fantômes (ou perdus) constituent un problème grave. En septembre 1991, on a donc dépêché le *Alfred Needler* en mission d'étude à cet endroit pour examiner l'ampleur du problème. Avant cette

mission, des consultations avaient eu lieu avec des représentants des flottilles de pêche aux engins mobiles et à la palangre pour déterminer où des engins avaient probablement été perdus. En outre, un représentant de l'association des palangriers du comté de Shelburne participait à la mission elle-même.

L'étude, réalisée au moyen de traits au grappin, fut concentrée sur l'isobathe de 50 brasses, sur le bord nord du banc Georges. Les 236 traits permirent de recouvrer 19 filets maillants ou morceaux de filets maillants, qui contenaient les restes de 94 poissons (morue, merlu, aiguillat et carcasses non identifiées). On a également ramené des engins de pêche perdus ou abandonnés, d'une sorte ou d'une autre (palangres, funes de chalut, culs-de-chalut, filets maillants et parties de dragues à pétoncles), dans 26 % des traits.

Par ailleurs, on a cherché à déterminer combien de temps les poissons de diverses espèces séjournent dans les filets maillants où ils sont prisonniers. La première expérience, réalisée en novembre 1990 dans la baie St. Margaret, a révélé que le séjour moyen (soit la durée nécessaire aux prédateurs pour consommer toute la chair du poisson prisonnier) était de deux jours, la fourchette allant de un à cinq jours. On n'a pu établir de corrélation entre la durée du séjour et la place du poisson dans le filet.

Au cours d'autres travaux, réalisés en 1992, on a fait appel à un sonar double-fréquence à balayage latéral pour trouver les filets maillants perdus. Il s'agissait de mouiller des filets sur divers types de fond au large de Halifax et de les détecter sub-séquentement au sonar. Au cours d'une dernière expérience, on examinera le rapport entre la densité de population des amphipodes prédateurs et la durée du séjour des poissons capturés dans l'engin.

### Amélioration de l'évaluation du poisson de fond

Les scientifiques de la région de Scotia-Fundy procèdent à des campagnes d'évaluation du poisson de fond à long terme sur la plate-forme néo-écossaise tous les ans en juillet depuis 1970 et sur la plate-forme de l'est, ainsi que sur le banc Georges tous les ans en mars depuis le milieu des années 80. Ces campagnes sont fondées sur des méthodes statistiques rigoureuses et sur une utilisation des engins qui est demeurée essentiellement inchangée depuis le début. C'est donc dire qu'on peut en toute sécurité conclure que les changements dans l'abondance du poisson qui sont relevés lors de ces campagnes sont dus à des facteurs biologiques ou environnementaux et non aux méthodes employées. Les campagnes d'évaluation sont un élément

essentiel de l'appréciation des stocks de poisson de fond de la région.

Elles sont, toutefois, coûteuses et, comparativement aux opérations de pêche commerciale qui produisent des milliers de traits chaque année, elles n'aboutissent qu'à une série relativement petite, encore que standardisée, de données. Il est donc crucial d'envisager des moyens de tirer le plus de renseignements possibles de ces campagnes.

Le premier volet de l'étude entreprise dans le cadre du projet PAPA visant à régler ce problème porte sur la façon dont le chalut utilisé lors d'une telle campagne pêche dans différentes conditions. Depuis 1989, on mesure le rendement de l'engin au moyen de capteurs électroniques fixés aux panneaux de chalut et à la ralingue supérieure, et cela à chaque trait effectué dans le cadre de la campagne de juillet. En même temps, on recueille des renseignements sur la vitesse et la direction du navire, sur la profondeur de l'engin, sur l'état des marées, etc.

Les expériences ont révélé que la profondeur de l'engin influe beaucoup sur la forme et les dimensions de l'ouverture du chalut. En eau peu profonde, l'écartement des panneaux diminue lorsque la hauteur de la ralingue supérieure augmente, tandis que le contraire se produit en eau profonde. On cherche actuellement à déterminer comment ces changements influent sur la capacité de capture du chalut. L'an prochain, au besoin, on examinera les moyens de compenser ces variations dans l'ouverture du chalut.

Les taux de prises obtenus lors des campagnes d'évaluation sont également influencés par la disponibilité du poisson pouvant être capturé par le chalut. Des espèces comme la goberge et la morue peuvent s'écarter du fond et donc échapper à l'engin de pêche. Le deuxième volet de l'étude consiste donc à déterminer comment on peut utiliser les techniques acoustiques pour déterminer l'abondance du poisson dans toute la colonne d'eau. En 1991, on s'est attaché à élaborer un système acoustique convivial à double faisceau. Au terme de nombreux essais, tant en laboratoire que sur le terrain, le système est maintenant prêt à être mis à contribution dans le reste de l'étude du PAPA. Il sera utilisé lors des campagnes courantes d'évaluation du poisson de fond, de pair avec le chalut, pour déterminer la configuration opérationnelle optimale et à des fins de comparaisons des résultats obtenus par les moyens acoustiques avec ceux provenant du chalutage.

### Conclusion

La crise de 1989 a mis en évidence un certain nombre de problèmes dans la gestion des pêches. D'emblée, il apparaissait

clairement que la Direction des sciences du MPO avait un rôle central à jouer dans la solution de ces problèmes et, partant, dans la relance de l'industrie. Un effort concerté des scientifiques, en collaboration avec l'industrie, s'imposait pour trouver des solutions à tout l'éventail de problèmes soulevés par le Groupe de travail Haché.

Grâce à l'aide obtenue dans le cadre du PAPA, nous avons pu réaliser des progrès considérables dans plusieurs domaines. Certaines études auront, une fois terminées, des répercussions immédiates sur la gestion (par exemple, les études sur les effets des chaluts et des filets maillants.) D'autres,

comme celle des influences environnementales, apporteront des éléments fondamentaux pour la compréhension à long terme de la productivité de la ressource. Cette combinaison d'études à brève et à longue échéances est une des principales forces du PAPA. Elle aboutira ultimement à une meilleure gestion à long terme de nos ressources halieutiques.

### References

Haché, J.-E. 1989. Report of the Scotia-Fundy Groundfish Task Force. DFO:86 p.  
Malouf, A. H. 1986. Seals and sealing in Canada. Report of the Royal Commission: 679 p.

Messieh, S. N., T. W. Rowell, D. L. Peer, and P. J. Cranford. 1991. The effects of trawling, dredging and ocean dumping on the eastern Canadian continental shelf seabed. *Cont. Shelf Res.* 11(8-10):1237-1263.

Petrie, B., K. F. Drinkwater, and R. Pettipas. 1991. Temperature and salinity variability at decadal times scales on the Scotian Shelf and the Gulf of Maine: Some initial results. NAFO SCR Doc. 91/86:22 p.

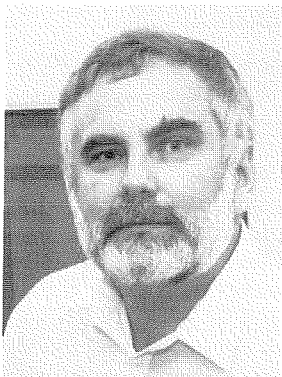
Stobo, W., and K. C. T. Zwanenburg. 1990. Grey seal (*Halichoerus grypus*) pup production on Sable Island and estimates of recent production in the Northwest Atlantic. In: W. D. Bowen (ed.), Population biology of sealworm (*Pseudoterranova decipiens*) in relation to its intermediate and seal hosts. *Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.* 222:171-184.

---

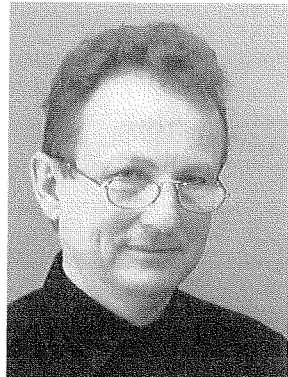
## Marégraphes et diffusion des données enregistrées : Situation actuelle et future

C. T. O'Reilly, G. D. Steeves, S. de Margerie\*, et T. Millen\*\*

(\*ASA Consulting Ltd. \*\*Correpro Atlantic Ltd.)



C. T. O'Reilly



G. D. Steeves

Pour de nombreuses disciplines, il est nécessaire d'obtenir des données précises sur le niveau de la mer. Les océanographes s'en servent pour établir les variations de circulation des masses d'eau et pour construire leurs modèles numériques de prévision de la circulation océanique, de la trajectoire des déversements de pétrole et de la dérive des icebergs. Des mesures à long terme doivent être recueillies pour déterminer les changements du niveau moyen de la mer causés par des déplacements régionaux de la croûte ainsi que les fluctuations globales du niveau de la mer. Les préoccupations soulevées par les effets du réchauffement global ont récemment mis l'accent sur la fiabilité des données sur le niveau de la mer.

Les géodésiens et les arpenteurs utilisent également les données à long terme sur le niveau de la mer pour déterminer les surfaces géopotentielles qui servent à établir les niveaux de référence aux fins de la cartographie des régions continentales et marines. Les marins et les pêcheurs recourent quotidiennement aux informations sur les marées comme aide à la navigation. Parmi les autres utilisateurs des données sur le niveau de la mer, mentionnons les biologistes, les géophysiciens, les organismes de recherche et sauvetage et les ingénieurs des travaux maritimes ainsi que certains groupes d'intérêt particulier comme les environnementalistes, les aquiculteurs et les bureaux de tourisme.

Jusqu'à récemment, la grande majorité des données sur le niveau de la mer étaient enregistrées par des appareils analogiques composés d'un puits de jaugeage muni soit

d'un flotteur et d'une poulie, soit d'un manomètre. Cette technologie, même si elle permet d'obtenir une précision raisonnable, est devenue d'un entretien très difficile, principalement à cause de l'ancienneté des appareils et de la nécessité de recourir à une forte main d'oeuvre pour traiter les données. De plus, comme la demande de données sur le niveau de la mer en temps réel connaît une croissance rapide, il est quelque peu difficile, sinon impossible, d'utiliser des appareils analogiques.

Durant les années 70, un marégraphe numérique a été mis en place par le Service hydrographique du Canada (SHC). Appelé système d'acquisition de données sur les marées par télémétrie (SADMT), ce système est devenu la principale source de données sur le niveau de la mer à la plupart des stations de mesure de la région de Scotia-Fundy, où l'on continue d'utiliser des marégraphes analogiques comme appareils de dépannage. Même si ces systèmes ont bien fonctionné, les SADMT sont de conception limitée et ne sont pas disponibles sur le marché. Par conséquent, l'appui technique commence à devenir un problème important.

### Instrumentation

À l'heure actuelle, on observe une tendance quasi mondiale vers l'utilisation de consigneurs de données numériques comme prochaine génération de marégraphes. Une grande variété de consigneurs de données sont actuellement reliés à une variété encore plus grande de capteurs, allant du marégraphe à flotteur/poulie classique aux jauges de

contrainte sensibles aux changements de pression et aux cristaux de quartz. Les capteurs de réflexion acoustique et la technologie à bulles (qui utilise le taux de bulles de gaz comme fonction de la pression) sont couramment utilisés.

Dans l'est du Canada, le SHC a choisi le consigneur de données SOCOMAR, modèle TMS1000, pour son réseau permanent de marégraphes. Au cours des 5 à 10 prochaines années, environ 18 sites dans la région Scotia-Fundy et 27 sites dans la région de Québec feront l'objet de mesures. Durant ce temps, des évaluations minutieuses de tous les consigneurs de données et capteurs seront faites, incluant des comparaisons continues des données avec celles recueillies par les jauges classiques en place, ainsi que des études statistiques détaillées des dispositifs à plusieurs capteurs. Le fonctionnement des marégraphes sera vérifié en mettant l'accent sur les menus des logiciels et la facilité d'installation. Le logiciel est entièrement rédigé en langage de programmation C et fonctionne selon l'architecture ordinaire peu coûteuse CMOS 80C188EB.

Le consigneur de données SOCOMAR a la capacité d'établir un interface entre plusieurs capteurs, incluant les capteurs absolus et différentiels et les capteurs à diaphragme peu coûteux, semblables aux marégraphes portables analogiques actuels. Les capteurs absolus comportent des baromètres numériques permettant des corrections atmosphériques, tandis que les capteurs différentiels et à diaphragme sont mécaniquement compensés pour les changements de pression barométrique. Les capteurs différentiels sont en réalité des groupes de capteurs qui mesurent la conductivité, la salinité et la température et qui sont utilisés pour corriger les effets des changements subis par les propriétés de l'eau. Chaque groupe de capteurs fonctionne indépendamment des autres ne partageant que la référence temporelle. La redondance des données créée par l'emploi de capteurs multiples permet de détecter en temps réel les erreurs et d'éviter ainsi toute intervention humaine.

Durant les premières années de mise en place des marégraphes, les données provenant des sites où des puits sont utilisés seront comparées à celles recueillies par des capteurs

directement plongés dans l'océan. Cette opération servira à vérifier non seulement la qualité des données, mais également les coûts d'exploitation. Cette surveillance est essentielle pour obtenir la configuration optimale des sites; l'objectif à long terme est, bien entendu, de maximiser le retour des données au coût le moins élevé possible.

Les consigneurs numériques permettent une très grande souplesse si les diverses combinaisons d'entrées de données aux capteurs sont agencées. Les erreurs habituelles de programmation des horloges qui ont perturbé dans le passé le traitement des données recueillies par marégraphes analogiques devraient être essentiellement éliminées. Les horloges numériques peuvent être vérifiées et mises à l'heure à distance, les écarts de temps étant mesurés en secondes plutôt qu'en minutes ou en heures.

Le consigneur de données SOCOMAR peut être équipé d'un téléphone à distance, d'un radio (UHF/VHF) et d'une liaison par satellite (ARGOS). La couverture mondiale par téléphone cellulaire devrait être en place avant la fin de la décennie. Parmi les autres options, il y a notamment plusieurs capteurs de surveillance de la météorologie (jusqu'à 24) pour mesurer les variations de la vitesse du vent, de la direction du vent, des précipitations et de la profondeur de la neige. Un SPG à canaux multiples et un synthétiseur de la parole ont été également annoncés.

### Système d'information sur le niveau de la mer en zone littorale

Le système d'information sur le niveau de la mer en zone littorale COWLIS a été élaboré ces dernières années pour atteindre un double objectif : fournir au SHC un outil d'acquisition, de contrôle de la qualité et de diffusion des données sur le niveau de la mer et fournir un prototype fonctionnel aux systèmes d'information océaniques généraux. Les objectifs primordiaux du COWLIS sont la souplesse d'emploi et la facilité d'accès à l'information.

Le concept du COWLIS a été proposé en 1987 par l'ASA Consulting Ltd. et il est devenu un projet de développement financé par le gouvernement en 1989. Le SHC a participé de façon importante à appuyer et à promouvoir le COWLIS.

Le COWLIS, sous sa forme initiale, a été complété en 1990 et livré au SHC en 1990; il est actuellement à l'essai. En 1991, un accord de transfert technique a été signé et un système amélioré est en cours d'élaboration. Cette nouvelle version comportera des marégraphes TMS1000 ainsi qu'une structure de base de données standard.

Par la mise au point du système COWLIS,

le secteur privé participe de façon importante aux travaux de développement et de commercialisation des systèmes d'information océanographiques. L'apparition de ces systèmes est attribuable à la demande de données et à leur transmission, pour les raisons suivantes :

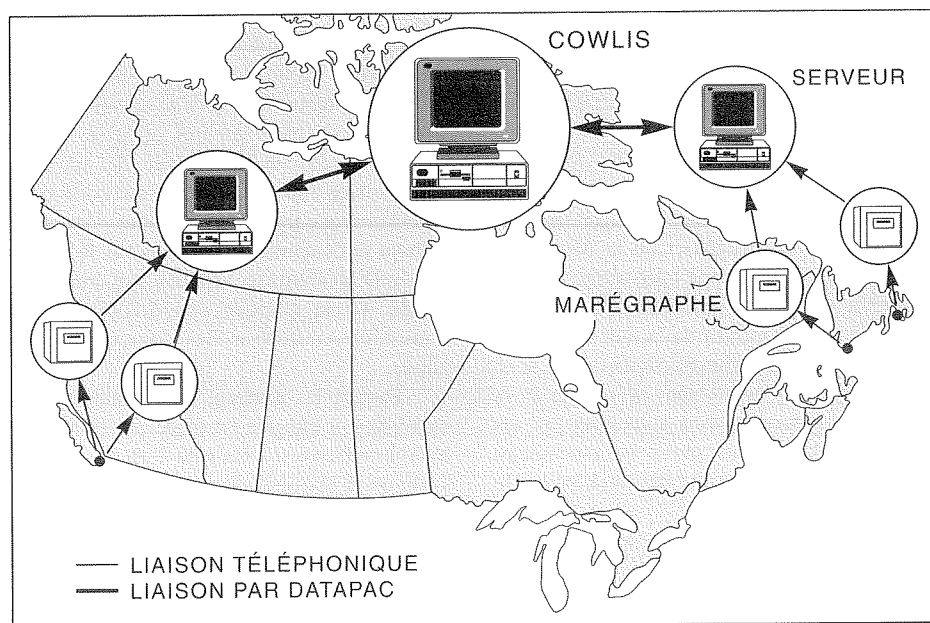
- les ressources littorales et océaniques subissent une pression croissante et la gestion rationnelle de ces ressources exigent des informations plus abondantes et plus précises;
- les progrès accomplis en télédétection font rapidement accroître la vitesse d'acquisition des données océaniques. Sans système d'information permettant d'organiser et d'extraire automatiquement les informations utiles de ces flots de données, ces dernières peuvent nuire, plutôt que faciliter, les prises de décisions en matière de gestion.

L'acquisition, le traitement et la diffusion des données en temps réel sont essentiels pour

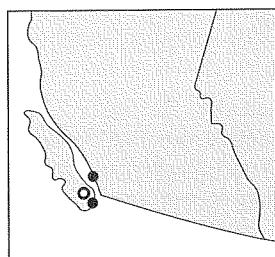
répondre aux nouveaux besoins en matière d'information océanographique. Par exemple, le COWLIS aide le SHC à remplir son mandat qui est d'acquérir, vérifier la qualité et la diffusion des informations sur les niveaux de la mer dans les régions littorales du Canada. Grâce au COWLIS, ces tâches peuvent être accomplies en temps réel, ce qui a pour effet d'améliorer :

- la productivité interne du SHC;
- la gestion du trafic dans les ports à profondeur limitée;
- la réalisation des levés et des opérations de dragage;
- la capacité d'émettre des avertissements de crue dans les zones littorales.

Les principales fonctions du COWLIS sont de mesurer les niveaux de la mer, de traiter les données et de les diffuser. L'infrastructure nécessaire pour assurer ces fonctions est composée d'un réseau de données, d'une base de données et d'installations de traitement des données.



### ORDINATEUR DU COWLIS (MONITEUR /ORDINATEUR) INSTALLATIONS CENTRALES À HALIFAX (NOUVELLE-ÉCOSSE)



- MARÉGRAPHERS
- TÉLÉSERVEURS

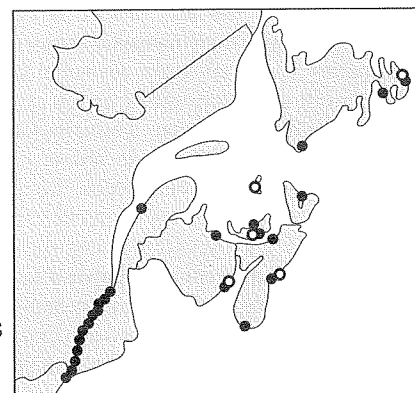


Figure 1. Le réseau de marégraphes et de serveurs utilisé par le COWLIS pour acquérir des informations sur le niveau de la mer dans les régions littorales.



Le réseau de données relie les marégraphes (source des données) et les plates-formes d'accès des utilisateurs (OP) à la base de données. Pour raison de simplicité, le COWLIS a été conçu avec une base de données centrale et une installation de traitement. La partie supérieure de la figure 1 montre les composantes matérielles du COWLIS. Le réseau de télécommunications Datapac a été choisi parce qu'il s'étend à tout le Canada et qu'il est conforme au protocole de communication international x.25, lui permettant d'être implanté dans le monde entier. Le système est actuellement conçu pour être accessible par ordinateur personnel MS-DOS facilement disponible.

Le logiciel de traitement est entièrement contenu dans l'ordinateur central. Aux fins de l'acquisition et de la diffusion des données, le logiciel doit résider dans l'ordinateur central ainsi que dans les plates-formes éloignées (les marégraphes et l'ordinateur de l'utilisateur) pour que la communication puisse être orchestrée sur tout le réseau. Le concept modulaire du système permet une souplesse accrue et son expansion. Le COWLIS met automatiquement à jour tous les fichiers du logiciel et les fichiers de commandes des plates-formes éloignées lorsqu'ils ont été altérés ou lorsque de nouvelles versions améliorées sont installées.

Le système d'acquisition des données est conçu pour permettre l'établissement d'un intervalle de communication pour chaque marégraphe du réseau. La souplesse du système et la rentabilité s'en trouvent accrues en permettant :

- une communication fréquente dans le cas des stations où les niveaux de la mer sont plus variables ou offrent un intérêt spécial (par exemple, la prévision des tempêtes et l'entretien des ports);
- une communication peu fréquente dans le cas des stations où les niveaux de la mer sont stables ou lorsque la communication en temps réel n'est pas prioritaire;
- une expansion de façon à permettre l'enregistrement d'autres paramètres océaniques qui pourraient nécessiter des intervalles de surveillance plus courts ou plus longs.

La partie inférieure de la figure 1 montre l'emplacement des marégraphes et des téléserveurs du réseau permanent qui sont actuellement intégrés au COWLIS. La communication entre les réseaux de données nécessite un degré d'intelligence de la part des instruments de surveillance, ce qui dépasse de la capacité des marégraphes qui font actuellement partie du SADMT. Pour remédier à ce problème, on a installé sur le terrain des microordinateurs téléserveurs pour orchestrer la communication longue distance avec

le système central par l'intermédiaire de Datapac. Ces serveurs communiquent avec un ou plusieurs marégraphes par ligne téléphonique locale. On pourra éventuellement éliminer les téléserveurs en utilisant des marégraphes plus intelligents, comme le SOCOMAR.

Le secteur privé participe de façon importante à tous les aspects de l'élaboration du COWLIS. La liaison entre les secteurs privé et public est à l'avantage des deux partenaires : le secteur public acquiert de nouvelles capacités de cueillette et de diffusion des données tandis que le secteur privé se retrouve avec un produit commercialisable dans le monde entier. Une entreprise conjointe du secteur privé lié au COWLIS est à mentionner, celle de la mise sur pied d'OCEANFAX.

OCEANFAX permet l'accès au COWLIS par télécopieur ordinaire. L'utilisateur commande les données en les cochant sur un bordereau de commande spécial qu'il télécopie à l'ordinateur d'OCEANFAX.

En quelques minutes, le logiciel confidentiel décode automatiquement le bordereau et transmet les données demandées à l'utilisateur par télécopieur. En procédant de cette façon, l'utilisateur n'a même pas besoin d'un ordinateur.

### Marégraphe pour les régions éloignées de l'Arctique

Il est nécessaire d'obtenir des données précises à long terme sur le niveau de la mer dans les régions éloignées de l'Arctique. Ces informations sont particulièrement importantes pour surveiller les changements globaux du niveau de la mer, une question de plus en plus cruciale. Cependant, les mesures à long terme du niveau de la mer dans ces régions ont été jusqu'à maintenant très limitées et très coûteuses.

Pour réussir à faire des mesures précises dans l'Arctique, il faudra élaborer une nouvelle technologie rentable. En 1987, on a entrepris la conception d'un système

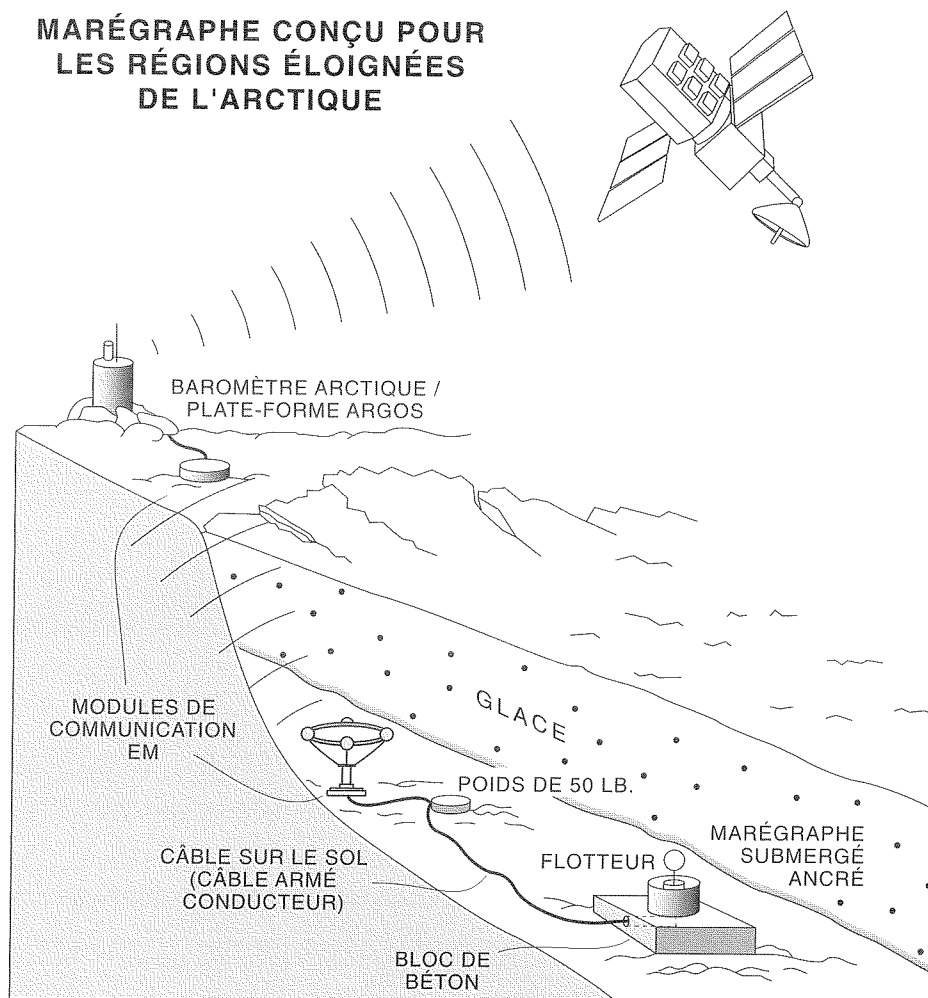


Figure 2. Le système indépendant à utiliser dans l'Arctique est doté d'une liaison de communication électromagnétique (EM), d'une liaison montante avec un satellite et d'un marégraphe submergé.

autonome pouvant faire face aux rigueurs du climat arctique. La méthode de base consiste à utiliser des marégraphes séparés au-dessus et au-dessous de la surface de l'eau afin d'éviter le problème que créerait le passage des câbles à travers la glace. Un baromètre numérique, fonctionnant sans surveillance pendant une période allant jusqu'à un an dans des températures atteignant  $-55^{\circ}\text{C}$ , a été conçu, construit, testé et transféré à l'industrie privée.

La prochaine étape du projet a été d'élaborer des méthodes de communication entre le monde extérieur et les marégraphes situés au-dessus et au-dessous de la surface de l'eau. La Correpro Atlantic Ltd. est à mettre au point le prototype d'un système de communication sous-marin qui utilisera des ondes radio ultra basse fréquence numériquement encodées; l'unité sera mise à l'essai sur le terrain en 1992. Le baromètre numérique a été modifié pour accepter les données provenant du marégraphe submergé et pour les transmettre en temps quasi réel en passant par le satellite ARGOS. La figure 2 illustre la configuration du système.

### L'avenir

La technologie est sans aucun doute la réponse aux besoins futurs du Canada en matière de mesure du niveau de la mer et de diffusion des données enregistrées. L'utilisation de consigneurs de données permet

d'assouplir et de rentabiliser l'acquisition de données précises sur le niveau de la mer. L'implantation d'un système de collecte de données océaniques comme le COWLIS permet d'offrir un accès en temps réel aux données, un contrôle de qualité rapide et la diffusion des données à différents utilisateurs. D'importantes améliorations ont pu ainsi être apportées à la prévision des raz de marée et à la gestion du trafic portuaire et des voies maritimes ainsi qu'à la rationalisation du traitement et de la gestion des données internes. Les travaux de développement doivent mettre l'accent sur l'intégration des progrès techniques pour répondre aux besoins futurs des utilisateurs.

Les nouvelles technologies prometteuses actuellement à l'étude sont, entre autres, l'intégration de récepteurs à canaux multiples du SPG de façon à relier les données sur le niveau de la mer aux surfaces ellipsoïdales déterminées de manière dynamique. Les modèles de prévision numériques en direct qui assimilent les observations en temps réel peuvent maximiser la valeur des données de télédétection. L'emploi d'interfaces avec le SPG et leur intégration par l'élaboration de la carte de navigation électronique, laissent entrevoir une simplification de l'accès par les utilisateurs et la transmission des informations océaniques là où elles sont le plus souvent nécessaires, c'est-à-dire en mer. Parallèlement, le prototype d'un appareil en option du

COWLIS, qui affiche la bathymétrie et les courants de marée et qui est commandé par les niveaux de la mer observés ou prévus, est actuellement exploité dans deux ports de l'est du Canada. De plus, l'intégration des capacités actuelles à modéliser le devenir et la trajectoire des déversements de pétrole est proposée pour répondre aux urgences et pour gérer les informations environnementales.

Le marégraphe de demain pourrait bien être un système complet de surveillance de l'océan, recueillant des données à long terme sur le niveau de la mer, la température, la salinité et les variations de la pression atmosphérique. L'infrastructure décrite dans le présent article offre la possibilité de recueillir, de gérer et de diffuser diverses données sur l'océan et les domaines ayant de l'importance pour l'environnement.

### Lectures supplémentaires

de Margerie, S. 1991. Coastal Ocean Water Level Information System (COWLIS). Proceedings of the Canadian Hydrographic Conference, Rimouski, Québec, avril.

O'Reilly, C. T., S.T. Grant et G. D. Steeves. 1989. The development of a permanent tide gauge for remote areas. Proceedings of the Canadian Hydrographic Conference, Vancouver, C.-B., mars.

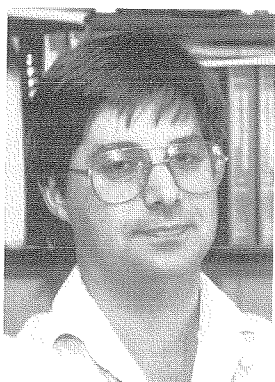
Steeves, G., T. Millen et J. Nangreaves. 1991. Electromagnetic communication through the seawater-ice interface. Proceedings of the IEEE Oceans '91 Conference, Honolulu, Hawaii.

# Techniques numériques d'acquisition de données par emploi du sonar à balayage latéral et de levés sismiques et affichage de ces données

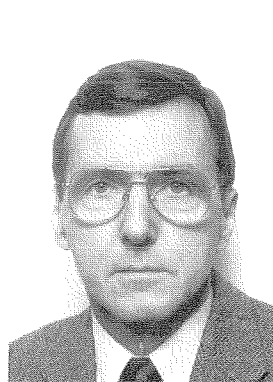
D. R. Parrott, B. C. Nichols, J. R. Currie, R. G. Currie et R. C. Courtney



D. R. Parrott



B. C. Nichols



J. R. Currie



R. G. Currie



R. C. Courtney

La Commission géologique du Canada (CGC) a récemment lancé une Initiative d'établissement de données numériques marines, qui est un projet conjoint entre le Centre géoscientifique de l'Atlantique (CGA) et le Centre géoscientifique du Pacifique (CGP), et aidera à réaliser la cartographie répétitive, quantitative et géographiquement précise du fond marin et des sédiments sous-jacents. Ce projet aidera à aborder les problèmes géoscientifiques en rapport avec le Quaternaire, comme les évaluations environnementales, la cartographie du fond marin, et la surveillance de la pollution dans la zone littorale et sur la plate-forme continentale.

Les études réalisées par la CGC exigent de l'information sur la morphologie et sur le caractère du fond marin et des sédiments sous-jacents, recueillie par des moyens tels que la bathymétrie par andains, l'exploration par sonar latéral, et des levés de sismique-réflexion de résolution élevée (ou l'établissement de profils sismiques de la subsurface du fond marin). Grâce aux efforts de coopération avec le Service hydrographique du Canada, qui actuellement travaille à fournir davantage d'information détaillée sur les profondeurs d'eau grâce à l'emploi de techniques d'exploration bathymétrique par andains, on dispose de plus de renseignements détaillés sur la topographie du fond marin.

Les levés effectués avec le sonar à balayage latéral fournissent des images acoustiques du fond marin. On emploie des groupements de transducteurs inclinés pour émettre des ondes sismiques sur le fond marin, de part et d'autre du cheminement des levés, et l'on détecte les échos venant à la fois des

petites irrégularités naturelles du fond marin et des variations de la topographie. On extrait des levés bathymétriques détaillés l'information sur ces variations, et l'on s'en sert pour distinguer les effets de la topographie de ceux des irrégularités de petite échelle. Les données de sismique-réflexion de résolution élevée et les données fournies par le profileur de la subsurface du fond marin nous permettent d'établir une coupe verticale du fond marin et des sédiments sous-jacents, et par la suite d'interpréter leur structure et leur distribution. Regroupée, cette information permet aux géologues de reconstruire en 3-D l'évolution géologique des sédiments du fond marin.

L'information fournie par ces levés aide à mieux saisir les processus qui jouent un rôle fondamental dans le transport et le dépôt de matériaux très divers, allant de toxines à des sables et graviers. On acquiert actuellement des outils d'acquisition et de traitement des données pour faciliter la transition des méthodes qualitatives analogiques classiques, actuellement employées, à une technologie numérique plus efficace. Pendant la première partie du projet, on a augmenté la capacité d'acquisition et de traitement des données numériques obtenues avec les systèmes existants d'exploration par sonar latéral et par sismique-réflexion. On a de cette façon réussi à produire des images du fond marin à l'échelle, par sonar latéral et sismique-réflexion, dans un format de référence cartographique (ou format de géoréférence), dans un format de correction à l'échelle, ainsi que des mosaïques du fond marin à partir des couloirs de levés adjacents. Dans les prochaines années, on acquerra dans le cadre

de ce projet un matériel spécialisé pour étudier la distribution et les propriétés des sédiments du fond marin.

## Méthode

En employant des techniques numériques pour obtenir et améliorer les données, on cherche à extraire plus d'information de ces données que n'en fournit l'interprétation des enregistrements graphiques analogiques obtenus avec le sonar à balayage latéral et le profileur de la subsurface du fond marin. Lorsqu'on emploie les procédés analogiques traditionnels, on effectue la majeure partie du traitement des données et la majeure partie des enregistrements graphiques au cours des levés, et l'information obtenue est souvent le seul exemplaire exploitable des données. En relisant les données enregistrées sur ruban magnétique analogique, on peut généralement appliquer les mêmes techniques que lors de l'acquisition des données – par exemple, le filtrage en bande passante simple, le gain variable en temps, ou la présentation à diverses échelles pour améliorer l'apparence de l'enregistrement graphique.

Par contre, les systèmes numériques d'acquisition des données permettent à partir de navires l'acquisition de données par la méthode du sonar à balayage latéral et par levés sismiques de résolution élevée au rythme maximum de 100 000 échantillons par seconde. L'emploi du procédé de saisie numérique par 12 bits produit un enregistrement de plus haute fidélité que ne le permettent les techniques analogiques. On enregistre les données en format industriel normalisé (SEG-Y – voir Barry *et al.*, 1975) sur

ruban numérique de 8 mm, de grande densité. Les données de navigation sont codées dans l'enregistrement en-tête, pour que les données entrent dans un système de référence cartographique. On n'enregistre que des données brutes non traitées, pour éviter d'appliquer des procédures irréversibles aux données. Ensuite, avec le système d'acquisition des données, on procède à des améliorations préliminaires de l'affichage de champ, comme la correction de la distance oblique, les réglages du gain, et le filtrage par bande passante, avant d'afficher les données.

On emploie un matériel différent pour l'acquisition des données et pour le traitement de ces données. Le matériel d'acquisition des données sert à enregistrer et relire les données, et l'on dispose de possibilités de traitement minimum des données pour accentuer la qualité de l'enregistrement graphique et assurer la saisie de données de bonne qualité. Les principales activités de traitement des données sont réalisées dans des postes de saisie UNIX spécialisés et rapides.

Le traitement des données numériques commence par la mise en forme et l'application d'une analyse par séries chronologiques, notamment les filtres numériques, l'égalisation des gains et la déconvolution. Ce travail est suivi de corrections géométriques (en fonction de la migration sismique, du rapport hauteur/largeur et de la distance oblique); on obtient ainsi un ensemble de données spatiales à partir des données des

séries chronologiques. On peut alors appliquer les techniques plus avancées de traitement des images pour conditionner les données spatiales et produire des mosaïques par emploi du sonar à balayage latéral et de blocs diagrammes. À n'importe quelle étape du traitement, on peut transférer les données dans un ensemble de publication numérique pour pouvoir ajouter des détails tels que l'annotation des enregistrements, l'échelle et les interprétations. On peut ensuite sortir l'image annotée sur divers appareils, en particulier des duplicateurs de diapositives couleurs, des enregistreurs thermographiques, et des imprimantes à laser.

On met actuellement en pratique le logiciel transférable de traitement et d'enrichissement, au moyen du contexte de découpage X-Windows/Motif™ disponible dans le système d'exploitation UNIX. On met actuellement au point une interface graphique pratique, à pointage et cliquage (GUI), permettant d'isoler l'utilisateur des complexités du système d'exploitation UNIX.

Les levés de résolution élevée par sonar à balayage latéral peuvent produire jusqu'à 160 mégabytes de données par heure. Les ensembles de données sont transférés des bandes magnétiques utilisées sur le terrain, et produites par le système d'acquisition des données numériques, dans les postes de saisie UNIX, où s'effectue le traitement final. Les systèmes de traitement sur le terrain fournissent un contexte d'utilisation et des

étapes de traitement identiques à celles de l'installation littorale.

### Essais sur le terrain

L'acquisition et le traitement des données sont effectués simultanément. Un grand nombre des données présentées dans cet article ont été numérisées à partir d'enregistrements analogiques sur le terrain, par conséquent, elles n'ont pas le plus fort degré de fidélité caractérisant les données enregistrées numériquement sur le terrain. On les emploie plutôt pour faire la démonstration des techniques de traitement que l'on cherche actuellement à mettre au point. La qualité des données et la facilité de traitement de ces données devraient s'améliorer à mesure que la consignation numérique deviendra plus courante.

Lors d'un récent levé effectué au large de Vancouver en Colombie-Britannique, on a recueilli des données par sonar à balayage latéral et par profileur du fond marin à haute résolution, sur une série de lignes très rapprochées, de façon à pouvoir étudier la géomorphologie, les types de sédiments, et la distribution des sédiments dans la région du delta du Fraser (Hart *et al.*, 1991). On a recueilli les données obtenues avec le sonar à balayage latéral au moyen d'un système à sonar à balayage latéral Klein 595 de 100 kHz; on a recueilli les données fournies par le profileur de la subsurface du fond marin à résolution élevée avec un système Huntce

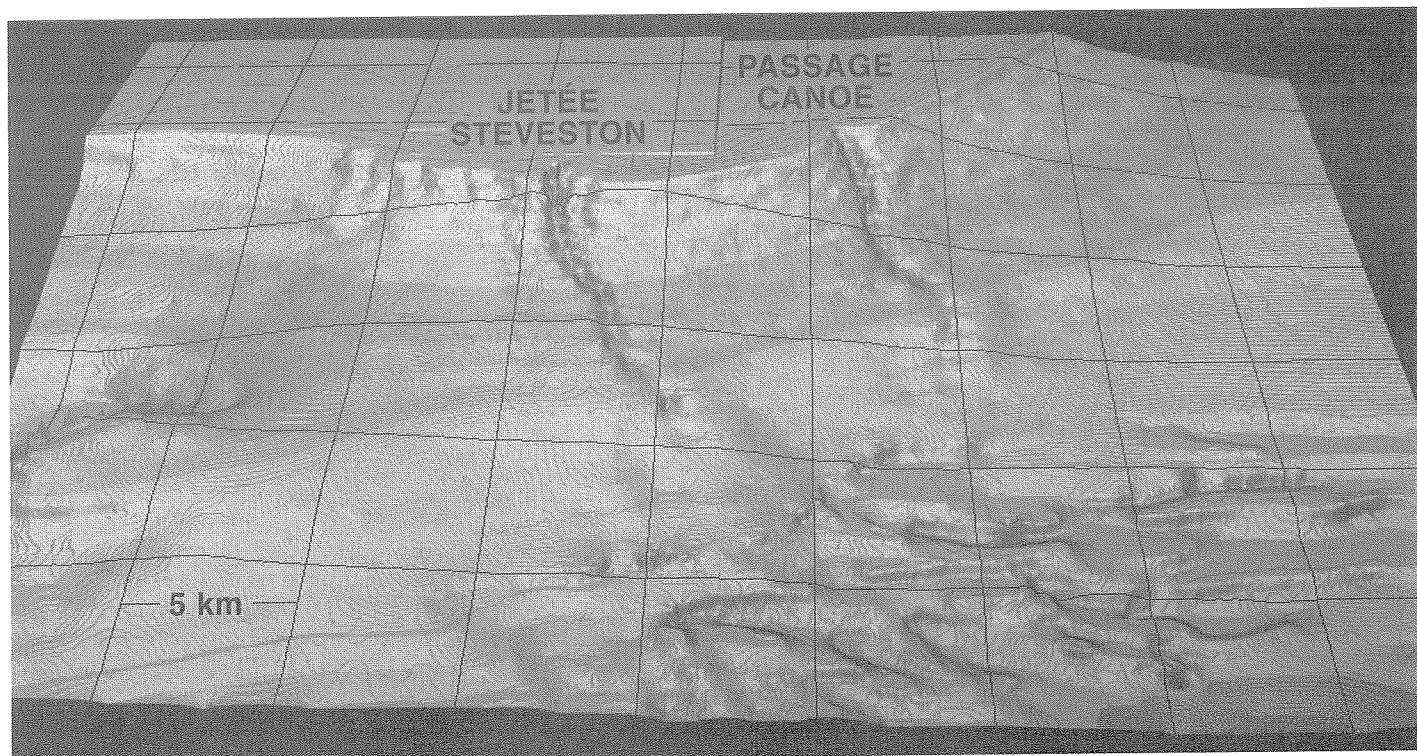


Figure 1. Vue tridimensionnelle de la bathymétrie du delta du Fraser, Vancouver (Colombie Britannique)

Deep Towed Seismic (système de levés sismiques Hunttec avec détecteur remorqué). La navigation a été assurée par un système intégré employant le Loran C, le satellite TRANSIT et le système de positionnement global (SPG). On a sélectionné ces données, pour faire la démonstration expérimentale de leur acquisition et de leur traitement dans un format numérique. La figure 1 indique la bathymétrie du secteur des levés. Notez la présence de profonds chenaux près de la jetée Steveston et du passage Canoe.

### Traitement des données obtenues par sonar à balayage latéral

Pour effectuer le levé, on a enregistré les données fournies par le sonar à balayage latéral en format analogique, puis on les a numérisées après la croisière d'exploration, en employant un système numérique SE880 d'acquisition des données fabriqué par la compagnie britannique GeoAcoustics Ltd (anciennement Ferranti-ORE). On a ainsi obtenu 2 100 pixels dans le champ de 300 m du sonar à balayage latéral, ce qui nous a donné une résolution d'environ 0,15 m. On a mémorisé et transféré les données dans un poste de saisie Silicon Graphics Iris 4D/35, puis archivé les bandes magnétiques originales pour les utiliser plus tard.

On peut effectuer le traitement sur la suite complète de données pour utiliser la totalité de la résolution disponible, ou bien l'on peut décimaliser les données pour réduire la durée des calculs. Généralement, on emploie les données décimalisées pour étudier les détails présentant un intérêt particulier, qui sont identifiés sur les mosaïques.

On procède au traitement des données fournies par le sonar à balayage latéral avec les techniques tirées des procédés employés par la United States Geological Survey (Danforth *et al.*, 1991). On a traité les données présentées dans un cadre de référence géographique de façon à éliminer les distorsions géométriques introduites par le remorquage du capteur à diverses hauteurs au-dessus du fond marin. Ce procédé, appelé «correction de la distance oblique», élimine l'effet de la hauteur du capteur et repositionne les données ponctuelles sur la totalité de la bande explorée.

Pour éliminer ces effets géométriques, il faut connaître la hauteur du capteur au-dessus du fond marin; on l'obtient en déterminant l'emplacement du signal de retour à partir du fond marin sur les données numériques non traitées. Les programmes automatisés permettant de situer le fond marin sur les données obtenues par sonar à balayage latéral et les données sismiques sont susceptibles d'erreurs, et pour cette raison, on a élaboré une technique interactive qui donne à l'opérateur un contrôle absolu sur la sélection des signaux de retour à partir du fond marin. Avec ce procédé, les données non corrigées fournies par le sonar à balayage latéral sont visualisées sur l'écran, et l'opérateur emploie un pointeur contrôlé par souris pour choisir la position du fond marin sur l'image. Ces points de canevas servent à déterminer la position du fond marin sur le fichier tout entier. Sur les données non traitées fournies par le sonar à balayage latéral, et présentées à la figure 2, le profond chenal proche de la jetée Steveston apparaît très nettement et le fond marin est facilement reconnaissable.

On traite ensuite les données de façon à compenser les distorsions géométriques et aussi la configuration en faisceau non linéaire des groupements de transducteurs sur toute la largeur de la bande explorée. Étant donné qu'a priori, on ne connaît généralement pas la configuration du faisceau, on la déduit des données recueillies dans un secteur où le fond marin présente des caractéristiques homogènes, et l'on a conçu un filtre inverse pour compenser l'effet de la configuration du faisceau sur l'ensemble complet de données. On traite ensuite les données de façon à éliminer les distorsions géométriques et on les affiche comme indiqué à la figure 3.

Après le traitement, on peut sortir chaque ligne sur un enregistreur graphique ou dans un terminal, avec les coordonnées géographiques appropriées. On utilise les lignes de levés adjacentes pour produire une mosaïque des données, et l'on «peint» les ensembles de données selon une certaine disposition en tenant compte de la largeur de l'intervalle de navigation et de la largeur des bandes explorées. On place les lignes dans cet arrangement et l'on effectue la pondération et la moyenne de tout recouvrement des bandes explorées. Le fichier obtenu est un ensemble de données placées dans un cadre de référence géographique, et contenant les images obtenues par sonar à balayage latéral et précisément situées sur le fond marin; il nous renseigne sur la morphologie et la nature des sédiments dans la totalité de la région explorée. On peut sortir ce fichier sur un appareil de visualisation, comme le montre la figure 4, ou le transférer dans un Système d'information géographique (SIG) et le fonder avec d'autres ensembles de données pour

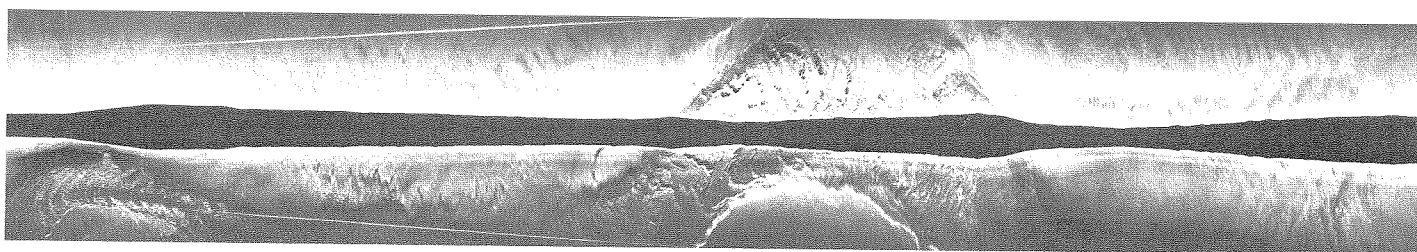


Figure 2. Données non traitées obtenues par sonar à balayage latéral dans le secteur du delta du Fraser et montrant un profond chenal et un écoulement de turbidité.

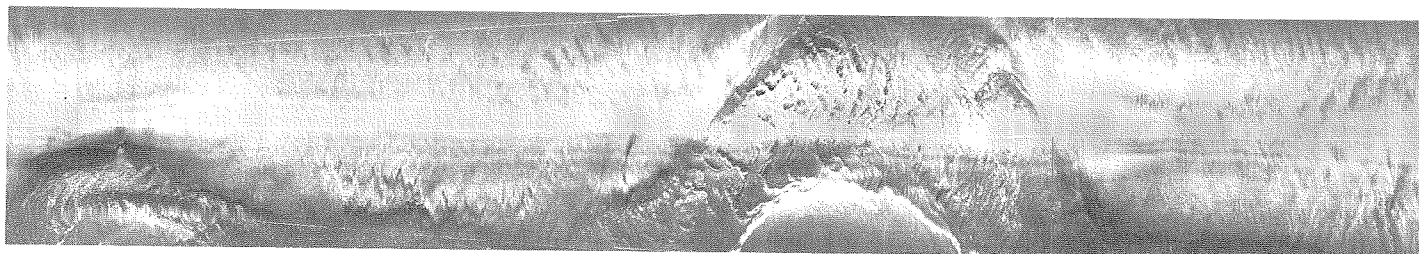


Figure 3. Données obtenues par sonar à balayage latéral, déduites de la figure 2 après traitement aux fins d'élimination des distorsions géométriques et de compensation de la configuration du faisceau.



Figure 4. Mosaïque de données obtenues par sonar à balayage latéral à partir de lignes adjacentes. Notez qu'il est possible de suivre le chenal dans l'ensemble de la mosaïque.

faciliter le travail d'interprétation, l'extraction des détails et la production des cartes géologiques.

À toute étape du traitement, les données peuvent être visualisées sur un écran. L'opérateur peut observer n'importe quelle portion des données à plus grande échelle en choisissant simplement le secteur à étudier, en découpant l'image, et en l'agrandissant de façon à ce qu'elle occupe l'écran entier. On peut facilement visualiser les données dans leur format d'image correct, ou les amplifier soit dans le sens du cheminement, soit dans le sens transversal.

### Traitement des données de sismique-réflexion

On a aussi élaboré une suite de logiciels de traitement pour faciliter l'interprétation des enregistrements de sismique-réflexion, processus à beaucoup d'égards semblable à celui déjà décrit dans le cas des données acquises par sonar à balayage latéral. On traite les données de sismique-réflexion de façon à présenter des profils d'enregistrements graphiques, corrigés en fonction des variations de la vitesse du navire et de la vitesse de propagation des ondes sonores à travers les sédiments du fond marin, et de façon à préparer les données en vue de leur analyse ultérieure.

Pour produire l'enregistrement présenté à

la figure 5, on a numérisé les données de sismique-réflexion de résolution élevée en employant un intervalle d'échantillonnage de 20 microsecondes dans une fenêtre d'échan-

tillonnage de 200 millisecondes. Comme on a aussi numérisé les données à partir de bandes magnétiques analogiques, il a fallu les indexer en fonction du temps de la même manière que les enregistrements de données obtenues par sonar à balayage latéral. On a visualisé le fichier sur l'écran, mais utilisé une souris pour numériser l'information bathymétrique en indiquant les points situés sur le fond marin. On a lissé les données de navigation, puis on les a fondues avec les données numériques sismiques en fonction des temps contenus dans les enregistrements en-tête. Puisque les données fournies par le sonar à balayage latéral et par le profileur de la subsurface du fond marin sont généralement recueillies par divers «poissons remorqués», on tient divers fichiers sur l'emplacement du fond marin pour ces ensembles de données.

L'étape suivante consistait à évaluer approximativement la fonction vitesse. Dans le cas des données présentées à la figure 5, la vitesse des ondes sonores a été considérée comme étant de 1 500 m/s dans la colonne d'eau et de 1 800 m/s dans les 15 premiers mètres de profondeur à partir de la surface du fond marin. On a ensuite interpolé un profil corrigé en fonction de la vitesse et de la profondeur, à des valeurs spécifiques d'intervalle spatial, d'échelle et d'exagération verticale, en employant la position géographique, la profondeur d'eau et la fonction de vitesse associées à chaque tir.

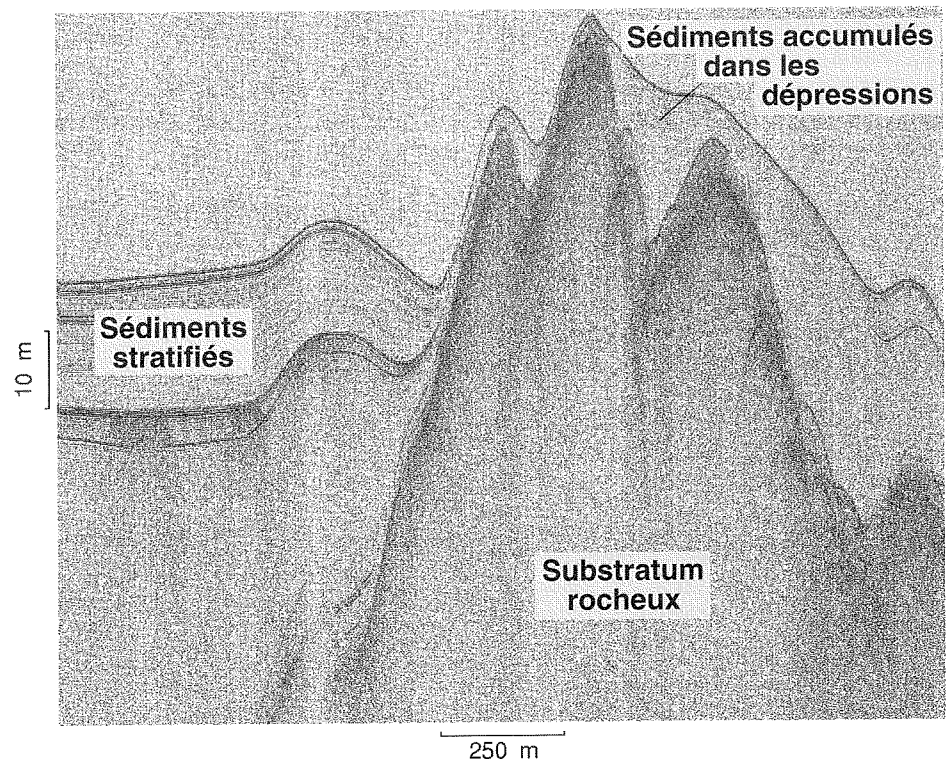


Figure 5. Enregistrement acquis par un profileur de la subsurface du fond marin, montrant les sédiments qui se sont déposés sur une élévation du substratum rocheux.

Après la transformation spatiale et le regroupement des données provenant de lignes de levés adjacentes en une mosaïque de profils de sismique-réflexion, on a traité les données pour les afficher. Le profil de données apparaissant à la figure 5 a été découpé dans les données traitées, converti en mode point, et annoté au moyen d'un bloc infographique.

### Présentation des données

Il est possible de sortir sur papier une image dans divers formats à n'importe quelle étape de la séquence de traitement. Actuellement, on peut produire des images en couleur ou en noir et blanc, de grand format (jusqu'à 75 cm de large et plusieurs mètres de long) avec un traceur couleur de modèle Versatec 8944. On peut imprimer des images plus petites et de résolution plus élevée sur le même type d'enregistreurs thermographiques que ceux utilisés lors de la phase d'acquisition des données pendant les études de terrain – par exemple, les imprimantes thermiques Raytheon TDU900, ou de la série ECP9000, et Alden 9315 CTP. Les images peuvent aussi être transmises du processeur à un appareil de production de diapositives. De la même manière, on peut transmettre des images à ses collègues dans le monde entier.

L'étape finale de présentation des données comprend la préparation de figures prêtes à la publication. Avec les techniques analogiques traditionnelles, il était encore nécessaire, après la production de l'enregistrement graphique par sonar à balayage latéral ou par sismique-réflexion, de faire appel aux services d'un dessinateur et d'un photographe pour produire une image de l'enregistrement, comportant les échelles, les repères géographiques et les interprétations nécessaires. Ce processus était long et consistait souvent à produire de grands négatifs photographiques, à produire et inscrire des labels sur l'image, et à photographier à nouveau les combinaisons d'images et de labels.

Toutes les images présentées dans cet article ont été produites par des procédés entièrement numériques. On a transformé les données et on les a transférées dans un bloc de publication, auquel pouvaient être incorporées l'information alphanumérique du texte et les images dessinées à la plume. On a ensuite sorti les images annotées sous forme d'enregistrement graphique (comme indiqué aux figures 1 et 5) et de diapositives couleurs.

### Conclusions

L'emploi de techniques numériques nous offre l'occasion d'améliorer la façon dont les données sismiques et les données acquises par sonar à balayage latéral sont recueillies, traitées et présentées. On dispose maintenant de l'infrastructure permettant de produire des mosaïques numériques des données acquises par sonar à balayage latéral et des données de sismique-réflexion. Ces mosaïques présentent les données de sorte que le chercheur puisse rapidement avoir une vue d'ensemble et déterminer les relations géographiques des détails géologiques. On peut alors utiliser l'ordinateur pour étudier les détails qui présentent un intérêt; et traiter les données numériquement pour éliminer les parasites et les artefacts tels que les multiples de surfaces, puis sélectionner et agrandir des portions de la mosaïque pour faciliter l'identification des structures de petite taille. Après le traitement, on peut sauvegarder l'image acquise par sonar à balayage latéral ou par sismique-réflexion, dans un format permettant un transfert dans un logiciel graphique où les labels, les échelles et les interprétations puissent être placés sur l'image avant leur sortie sous forme d'enregistrement graphique ou de diapositive couleurs.

On peut manipuler les données dans un format entièrement numérique dès le moment de leur acquisition, tout au long de la séquence de traitement, puis pendant la sortie finale des résultats publiés, et enfin pendant la préparation de matériel pédagogique tels que les diapositives et les reproductions sur acétate.

On peut également sortir les données numériques dans un format qui permet leur intégration à un SIG.

L'emploi de techniques numériques aux fins d'acquisition et de traitement des données a permis d'améliorer la gamme dynamique et la qualité des données disponibles aux fins d'interprétation. On peut extraire plus d'information en améliorant l'enregistrement graphique et en fournissant des analyses quantitatives des variations des données. On s'attend à ce que l'emploi de techniques numériques augmente l'efficacité de l'analyse et de l'interprétation des données, ainsi que la rentabilité économique des processus de collecte, de traitement et d'interprétation des données acquises par sonar à balayage latéral et par sismique-réflexion.

### Remerciements

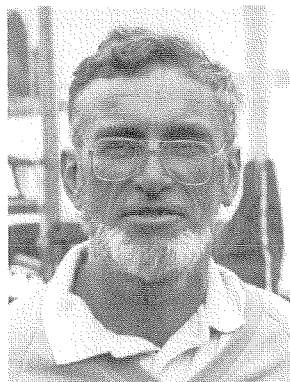
Le projet d'Initiative numérique est un projet lancé par la CGC, auquel ont contribué des chercheurs du CGA et du CGP. La recherche réalisée dans le cadre de ce projet est en partie subventionnée par le programme d'études géotechniques dans les zones du large, intitulé Offshore Geotechnics Program, qui se compose des Projets 61103 et 63203, et est entrepris par le Groupe fédéral de recherche et développement énergétiques. Les données employées dans les illustrations que contient cet article ont été recueillies par le CGP et le CGA.

### Bibliographie

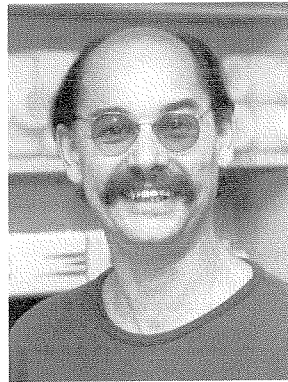
- Barry, K. M., D. A. Cavers, and C. W. Kneale. 1975. Recommended standards for digital tape formats. *Geophysics* 40:344-352.
- Danforth, W. W., T. F. O'Brien, and W. C. Schwab. 1991. Near-real-time mosaics from high-resolution side-scan sonar. *Sea Technol.* 32(1):54-59.
- Hart, B.S., J. V. Barrie, R. G. Currie, J. L. Luternauer, D. B. Prior, and R. D. Macdonald. 1991. High-resolution seismic and sidescan sonar mapping of the Fraser Delta front and adjacent Strait of Georgia, British Columbia. In: *Current Research, Part E. Geol. Surv. Can.*, paper 91-1e:19-23.

## Problèmes abordés au cours du processus d'approbation des permis autorisant l'immersion des déchets en mer

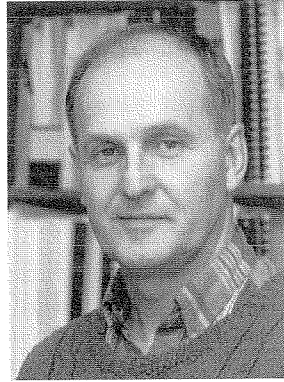
D. Peer, N. Prouse et G. Seibert



D. Peer



N. Prouse



G. Seibert

Auparavant, on se débarrassait couramment des matières indésirables dans les océans sans beaucoup réfléchir aux conséquences éventuelles de tels rejets. Mais au fur et à mesure que l'on prenait conscience de l'importance de l'environnement et de la capacité limitée des zones littorales de diluer les déchets, les nations ont commencé à reconnaître la nécessité de protéger les océans et les ressources marines.

En 1975, le Canada s'est joint à 50 autres pays pour ratifier la Convention sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets et d'autres matières (la Convention de Londres sur l'immersion des déchets) qui visait à empêcher le rejet irréfléchi des déchets et qui devait servir de point de départ à la réglementation de l'immersion des déchets en mer. En tant que signataire de la Convention de Londres sur l'immersion des déchets, le Canada a passé la même année la Loi sur l'immersion des déchets en mer. Cette Loi a réglementé activement l'immersion des déchets en mer jusqu'en 1988, date à laquelle elle a été remplacée par la Partie VI de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement. Cette dernière prévoit la caractérisation, l'évaluation et l'élimination des substances dangereuses afin de protéger l'environnement et la santé humaine. La Partie VI de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement porte sur l'immersion des déchets en mer.

### La réglementation

En vertu de la Partie VI de la Loi canadienne sur la protection de l'environ-

nement, toute personne souhaitant immerger des matières en mer doit présenter une demande de permis auprès de la division des produits chimiques toxiques et de la gestion des déchets d'Environnement Canada. Dans cette demande, on doit indiquer les renseignements suivants : source et nature des matières à immerger, quantité, rythme de l'élimination (ainsi que la méthode proposée pour le confinement ou le conditionnement des déchets, le cas échéant), lieux de dragage et d'immersion, mode de transport et itinéraire, caractéristiques chimiques, biologiques et physiques des matières à immerger et du lieu d'immersion. Des données chimiques seront fournies avec la demande et on vérifiera que les concentrations sont conformes aux limites fixées dans la Partie VI de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement.

Les effets possibles de l'immersion des déchets en mer et les propriétés des matières rejetées doivent être soigneusement étudiés avant l'approbation d'un permis. Les demandes de permis sont examinées par des experts techniques et scientifiques représentant plusieurs disciplines. Cette vérification est effectuée à l'Institut Bedford d'océanographie par le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, qui étudie les caractéristiques géologiques et géophysiques des matières draguées et du lieu d'immersion, ainsi que par le ministère des Pêches et des Océans, qui étudie les effets potentiels sur les organismes et l'habitat marins ainsi que sur la navigation et la sécurité en mer.

La majeure partie des matières à immerger provient des travaux d'entretien consistant à draguer les chenaux et les ports

existants jusqu'aux profondeurs navigables (fig. 1); toutefois, les déchets proviennent également en grande partie du traitement des poissons en mer et des navires. Il est donc important d'évaluer les effets potentiels des constituants chimiques pour s'assurer que les matières rejetées et les méthodes d'élimination ne présentent pas de risque pour l'environnement ni de danger pour la santé humaine, par exemple en contaminant le poisson comestible.

La Loi canadienne sur la protection de l'environnement mentionne deux types de substances qui, seules ou combinées, peuvent être nocives : les substances interdites et les substances à usage restreint.

Les substances interdites sont celles qui peuvent causer des dommages sérieux, notamment le cadmium et le mercure et leur composés, les huiles et les graisses, les composés halogénés, p. ex. les BPC, les plastiques et les autres composés synthétiques qui ne se décomposent pas spontanément ainsi que les matières très radioactives. Les substances interdites sont soumises à une surveillance rigoureuse et elles ne peuvent être immergées légalement si les limites prédéterminées sont dépassées.

Les substances à usage restreint sont celles qui sont potentiellement dangereuses et qui ne peuvent être immergées que très soigneusement. Ces substances ne font pas l'objet de limites prédéterminées. Il s'agit notamment de l'arsenic, de plomb, du cuivre, du zinc, du béryllium, du chrome, du nickel et du vanadium (et de leurs composés); des cyanures, des fluorures; des pesticides qui n'apparaissent pas dans la liste des substances interdites; des composés organiques du silicium, p. ex. les substances hydrofuges; des contenants et des déchets de métal; des matières faiblement radioactives et des déchets en vrac (qui pourraient être dangereux pour la pêche et la navigation). Les concentrations de certaines substances à usage restreint dans les matières abandonnées sont notées lorsqu'elles dépassent les moyennes régionales. Si les concentrations risquent d'avoir des effets nocifs sur le milieu marin ou qu'elles constituent un risque pour la santé humaine, le permis peut être refusé.

Pour le moment, il existe plus de 30 000 substances chimiques couramment utilisées au Canada et de nouvelles substances sont constamment introduites ou importées. Pour



gérer ces substances, on a établi en vertu de la Loi, une Liste des substances d'intérêt prioritaire. Actuellement, 44 substances chimiques font l'objet d'une évaluation visant à caractériser leurs effets sur l'environnement et sur la santé. L'information recueillie dans la documentation et par des recherches est utilisée pour déterminer les concentrations sans danger, si chacune de ces substances doit être surveillée et quelle est la priorité de l'intervention. Par exemple, les concentrations de cadmium et d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans chaque échantillon de matières draguées doivent être inférieures à  $0,6 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$  et à  $2,5 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$  en poids sec, respectivement, pour que leur immersion soit approuvée. Si ces concentrations sont dépassées la demande est retournée avec une description des motifs d'ordre chimique du rejet et le permis peut être refusé. Souvent, les échantillons dont les concentrations sont supérieures aux concentrations acceptables doivent faire l'objet d'un deuxième échantillonnage.

De même, on prend note de toutes les concentrations des substances à usage restreint qui dépassent la concentration de fond générale. Les concentrations des métaux traces mesurées dans les sédiments marins de l'Est canadien par Loring (1982), entre autres, servent de point de référence pour faire des comparaisons. Les concentrations inhabituellement élevées doivent faire l'objet d'une évaluation biologique, particulièrement si des

effets toxiques chroniques ou aigus ont déjà été observés chez des organismes marins ou des humains.

### Immersion des matières draguées

En ce qui concerne le milieu benthique, le dragage et l'immersion des déchets ont principalement pour effet de faire augmenter la quantité de solides en suspension et de modifier les fonds marins. En effet, le dragage peut déstabiliser les fonds marins et remettre des solides en suspension comme on l'a observé dans la baie de Miramichi (Kranck et Milligan, 1989). Le dragage peut tuer des organismes benthiques et l'abandon des matières draguées peut enterrer d'autres organismes. Toutefois, d'après des études portant sur l'entraînement du poisson et des homards par la tête de dragage (Burton, 1979; Pelletier et Wilson, 1981), ce phénomène ne posait pas de problème dans le cas des organismes qui peuvent se déplacer librement. Cependant, les organismes de l'endofaune, p. ex. les coquillages et les vers fousseurs, seront entraînés et enterrés.

Le repeuplement des communautés benthiques dépend de la topographie et des conditions hydrographiques. Si les conditions originales ne sont pas rétablies, il se développera avec le temps une nouvelle communauté en équilibre avec les nouvelles conditions. Des espèces arriveront dans la région perturbée à partir des zones voisines. Au début, ce seront de petites espèces à courte

durée de vie, p. ex. des vers polychètes. Si les sédiments sont continuellement remis en suspension, ces petits organismes seront les seules espèces capables de vivre à cet endroit. Toutefois, si les conditions sont plus stables, des espèces à durée de vie plus longue, comme le homard, s'y établiront également.

On détermine la granulométrie des échantillons de dragage à cause du risque qui existe d'enterrer les organismes benthiques et de perturber les habitats. La formation de limon surtout peut perturber les oeufs et les larves de certaines espèces marines. Par exemple, les sédiments qui se déposent sur les oeufs de hareng font augmenter la mortalité (Messieh et coll., 1981). Le limon risque également de retarder la métamorphose des larves de homard. Les larves de homard qui nagent librement ne se déposeront pas sur des fonds sableux ou boueux; elles attendront pour se déposer et muer de trouver des conditions favorables, c'est-à-dire des fonds rocheux (Cobb, 1968). Une fois que les larves de homard se seront déposées, le dragage ou le recouvrement des zones «d'élevage» occupées par des juvéniles pourrait avoir de sérieuses conséquences sur le recrutement futur dans les zones de pêche (Pottle et Elner, 1982). Pour ces raisons, les lieux d'immersion proposés ne doivent pas être situés à proximité de lieux d'élevage importants et le moment de l'immersion des déchets doit être choisi de manière à éviter les périodes critiques, p. ex. au moment de la fixation des bivalves.

Lorsqu'on envisage l'immersion des déchets, il faut également tenir compte du fait que les solides en suspension (turbidité) peuvent avoir des effets létaux et sublétaux sur les organismes marins. Dans une étude bibliographique, Appleby et Scarratt (1989) ont indiqué que les solides en suspension pouvaient avoir des effets histopathologiques, causer des dommages hématologiques et modifier le comportement des poissons et des coquillages. Dans cette étude, on notait que les oeufs et les larves tolèrent moins bien les solides en suspension que les adultes et que les larves sont plus sensibles que les oeufs. Par exemple, les matières en suspension provenant des matières draguées inhibaient l'alimentation chez les larves de hareng et des concentrations de seulement quelques parties par million ont éloigné le hareng juvénile de la zone (Messieh et coll., 1981).

Appleby et Scarratt ont avancé que des poissons et des coquillages adultes appartenant à de nombreuses espèces survivaient en présence de concentrations de solides en suspension beaucoup plus élevées que celles qui existent dans la nature. Cette tolérance varie aussi d'une espèce à l'autre et selon le type de particules en suspension: les parti-



Figure 1. Drague hydraulique.

cules plus grosses ou irrégulières semblent plus nocives que les particules plus petites ou plus lisses. Des organismes peuvent également être exposés à des concentrations plus élevées de polluants fixés sur les solides en suspension.

Pour réduire au minimum les problèmes liés à la remise en suspension des matières draguées, Appleby et Scarratt ont recommandé que l'immersion ait lieu dans des zones protégées (où le courant est faible), en eau profonde ou sur la terre. Ils ont indiqué que cette solution n'est pas toujours simple parce que l'immersion des déchets dans une zone où le courant est faible ferait augmenter la demande biologique en oxygène (DBO), ce qui crée d'autres problèmes.

Le dragage et l'immersion des déchets peuvent aussi entraîner une érosion côtière accrue et produire davantage de vagues. L'enlèvement des matières qui retiennent naturellement les îles-barrières et les plages de sable peut entraîner l'érosion de ces formations.

### Immersion des déchets de poisson

Les déchets solides produits par les conserveries de poisson (issues) représentent la deuxième plus importante quantité de matière éliminée par immersion dans la région de l'Atlantique. Ces déchets, dont une seule usine peut rejeter des centaines de tonnes en une seule saison, sont abandonnés dans des lieux d'immersion désignés. Les principales inquiétudes qu'ils suscitent sont liées aux effets potentiels sur les pêcheries voisines, à la perturbation de l'habitat, à la DBO élevée des déchets et aux contaminants qu'ils renferment. Les aspects esthétiques doivent également être considérés. Lors de l'examen des demandes d'immersion des déchets des conserveries de poisson, il faut vérifier que ces déchets seront bien dispersés sur le lieu d'immersion et que les matières qui flottent ne saliront pas les plages. Il est intéressant de noter que les goélands mangent les déchets de poisson rejetés et ils pourraient donc concurrencer d'autres espèces d'oiseaux marins comme les sternes.

Les usines qui produisent de la farine de poisson rejettent de grandes quantités de déchets liquides, appelés déchets gélatineux, qui présentent une DBO élevée pouvant accélérer l'eutrophisation si l'immersion est effectuée dans des zones où la circulation est limitée. Chaque année, de nombreux navires usines demande un permis pour pouvoir immerger de tels déchets après le traitement de la marchandise achetée en mer. Ces demandes

sont approuvées à condition que les déchets immergés soient bien dispersés et qu'ils n'atteignent pas des zones de pêche ni des zones récréatives.

### Navires sabordés

Il faut un permis pour saborder des navires en mer. Le sabordage ne doit pas perturber la navigation et le lieu d'abandon doit se trouver en eau profonde, loin des lieux de pêche. Toutes les matières dangereuses doivent être éliminées avant le sabordage. On s'inquiète surtout, en ce qui concerne les dangers chimiques, du rejet des produits pétroliers et des produits apparentés, des polychlorobiphényles (PCB), des roulements garnis de mercure et de l'ammoniaque contenu dans les systèmes de réfrigération, qui pourraient contaminer le lieu d'immersion. Les débris non dégradables pourraient constituer un danger pour les tortues, pour les oiseaux de mer et pour les mammifères marins qui risquent de les ingérer ou de s'y empêtrer. Il faut donc les éliminer.

### Recherches nécessaires

Ce qui précède montre à quel point il est important d'évaluer le comportement physique et chimique des matières draguées dans l'environnement marin, particulièrement le degré et l'étendue de la contamination chimique ainsi que les panaches de turbidité produits pendant les opérations de dragage ou d'immersion. Le devenir à court terme des matières peut être analysé au moyen de modèles numériques (Johnson et Holliday, 1978; Johnson, 1988). On peut effectuer des simulations pour prévoir, entre autres, le déplacement latéral maximal et l'épaisseur subséquente des matières déposées, ainsi que les conditions dans lesquelles les sédiments seront remis en suspension ou déposés. Il n'est pas possible pour le moment de prévoir le devenir exact à long terme des matières immergées. La surveillance des lieux d'immersion est coûteuse et au fur et à mesure que le temps passe, il devient difficile de distinguer les changements naturels des changements causés par les humains.

Notons que l'évaluation des effets potentiels de l'immersion ne prévient en rien ces effets car il est souvent difficile ou impossible de montrer scientifiquement qu'un effet s'est produit. En fait, ce qui constitue un effet fait encore l'objet d'un débat (Kester et coll., 1983). Toutefois, une évaluation critique et soignée permet de réduire ces effets au minimum et de préserver de précieuses ressources.

### Bibliographie

- Appleby, J. A., and D. J. Scarratt. 1989. Physical effects of suspended solids on marine and estuarine fish and shellfish with special reference to ocean dumping: A Literature Review. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1681:v+33 p.
- Burton, J. 1979. Preliminary assessment of the impact of mining sand at Sandy Hook, Magdalen Islands, Quebec. Report prepared for Marmines, Inc., Montreal, Quebec.
- Cobb, D. A. 1968. Delay of moult by larvae of *Homarus americanus*. J. Fish. Res. Board Can. 25:2251-2253.
- Johnson, B. H. 1988. User's guide for models of dredged material disposal in open water. Draft Tech. Rpt., U.S. Army Engineer Waterways Experimental Station, Civil Engineering, Vicksburg, Miss.
- Johnson, B. H., and Holliday, B. W. 1978. Evaluation and calibration of the tetra-tech dredged material disposal models based on field data. Tech. Rpt. D-78-47, U.S. Army Engineer Waterways Experimental Station, Civil Engineering, Vicksburg, Miss.
- Kester, D. R., B. H. Ketchum, I. W. Duedall, and P. K. Park. 1983. Have the questions concerning dredged material disposal been answered? In: D. R. Kester, B. H. Ketchum, I. W. Duedall, and P. K. Park (eds.), Wastes in the Oceans, vol. 2, chap. 14. Wiley-Interscience, New York.
- Kranck, K., and T. G. Milligan. 1989. Effects of a major dredging program on the sedimentary environment of Miramichi Bay, New Brunswick. Can. Tech. Rep. Hydrog. Ocean Sci. N° 112:iv+61 p.
- Levy, E. M., K. Lee, K. S. Saunders, and S. E. Cobanli. 1988. The distribution of petroleum residues in near-shore sediments from Atlantic Canada. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1612:iv+169 p.
- Loring, D. 1982. Overview of trace metal levels in eastern Canadian coastal and estuarine sediments. ICES-MEQC, CM 1982/E:20.
- Messieh, S. N., D. J. Wildish, and R. H. Peterson. 1981. Possible impact from dredging and spoil disposal in the Miramichi Bay herring fishery. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1008:iv+33 p.
- Pelletier, L. H. H., and D. J. Wilson. 1981. Monitoring for fish entrainment by a 90-cm suction dredge in McKinley Bay and Tuktoyaktuk Harbour, Northwest Territories. Prepared for the Regional Ocean Dumping Advisory Committee, Environmental Protection Service, Environment Canada:30 p.
- Pottle, R. A., and R. W. Elnor. 1982. The effect of suspended and deposited sediment on the behaviour of the American lobster, *Homarus americanus*. In: C. D. MacGregor and G. A. Packman (eds.), Report on Ocean Dumping Research and Development Atlantic Region 1980-1981 (Proceedings of workshop, Jan. 27-28, held at Bedford Institute of Oceanography). Environment Canada Surveillance Report EPS-5-AR-82-1:5-11.

# Espadon : recherche et évaluation des stocks

J. M. Porter



J. M. Porter

L'industrie canadienne de l'espadon, concentrée surtout dans la région de Scotia-Fundy, récolte chaque année environ 15 000 poissons, d'une valeur totale de six millions de dollars. Dans les années 60 et 70, le ministère des Pêches et des Océans s'est surtout occupé de recueillir des données sur la biologie fondamentale des gros poissons pélagiques, entreprenant à cette fin un vaste programme de marquage (Burnett *et al.*, 1987).

En 1989, la région de Scotia-Fundy a relancé, à la Station biologique de St. Andrews – visant l'espadon, les thons et les requins – qui avait été mis en veilleuse pendant plusieurs années. Le programme actuel, qui vient enrichir les connaissances acquises lors des études antérieures, prévoit la participation dans l'évaluation internationale des stocks d'espadon et dans divers travaux de recherche connexes. Les scientifiques collaborent étroitement avec l'industrie pour s'acquitter du mandat confié au ministère des Pêches et des Océans dans sa zone de compétence, à savoir fournir les meilleurs avis possibles pour gérer les stocks d'espadon.

## Distribution de l'espadon dans l'Atlantique

L'espadon (*Xiphias gladius*) est répandu dans tout l'Atlantique, du nord-ouest du golfe du Mexique aux Grands Bancs de Terre-Neuve (Scott et Scott, 1988). Dans la région de Scotia-Fundy, on le pêche au bord de la plate-forme néo-écossaise et sur les Grands Bancs de Terre-Neuve de juin à octobre, alors qu'il est le plus abondant. Tibbo *et al.* (1961) ont suggéré l'existence d'une migration de l'espadon vers le nord et l'est (jusqu'au

Bonnet Flamand) en été et vers le sud et l'ouest en automne, le frai ayant lieu dans les Caraïbes et dans le golfe du Mexique. Entre 1961 et 1981, 281 espadons ont été marqués dans le cadre du Programme canadien de marquage des gros pélagiques; 26 d'entre eux ont été recapturés ultérieurement (fig. 1; Burnett *et al.*, 1987).

Des analyses récentes révèlent que la plupart des espadons marqués ont été recapturés à proximité de l'endroit où ils ont été remis à l'eau après leur marquage, cela malgré le temps considérable écoulé entre le marquage et la recapture (en moyenne 3,2 ans, mais jusqu'à 15,1 ans). Les gros espadons

(adultes) de 85 à 210 kg (voir fig. 1), en particulier, ont été recapturés dans un rayon de 200 km du site de remise à l'eau, plusieurs années plus tard, mais habituellement à la même époque de l'année, ce qui suggère une tendance à revenir chaque année au nord dans les mêmes aires d'alimentation.

Après leur remise à l'eau, les espadons plus petits (de 45 à 84 kg, n'ayant pas pour la plupart atteint la maturité) suivent des trajets localisés non directionnels comparables, avec en plus deux trajets de longue distance entre la queue des Grands Bancs de Terre-Neuve et la Nouvelle-Écosse ainsi qu'entre l'île de Sable et les Bahamas.

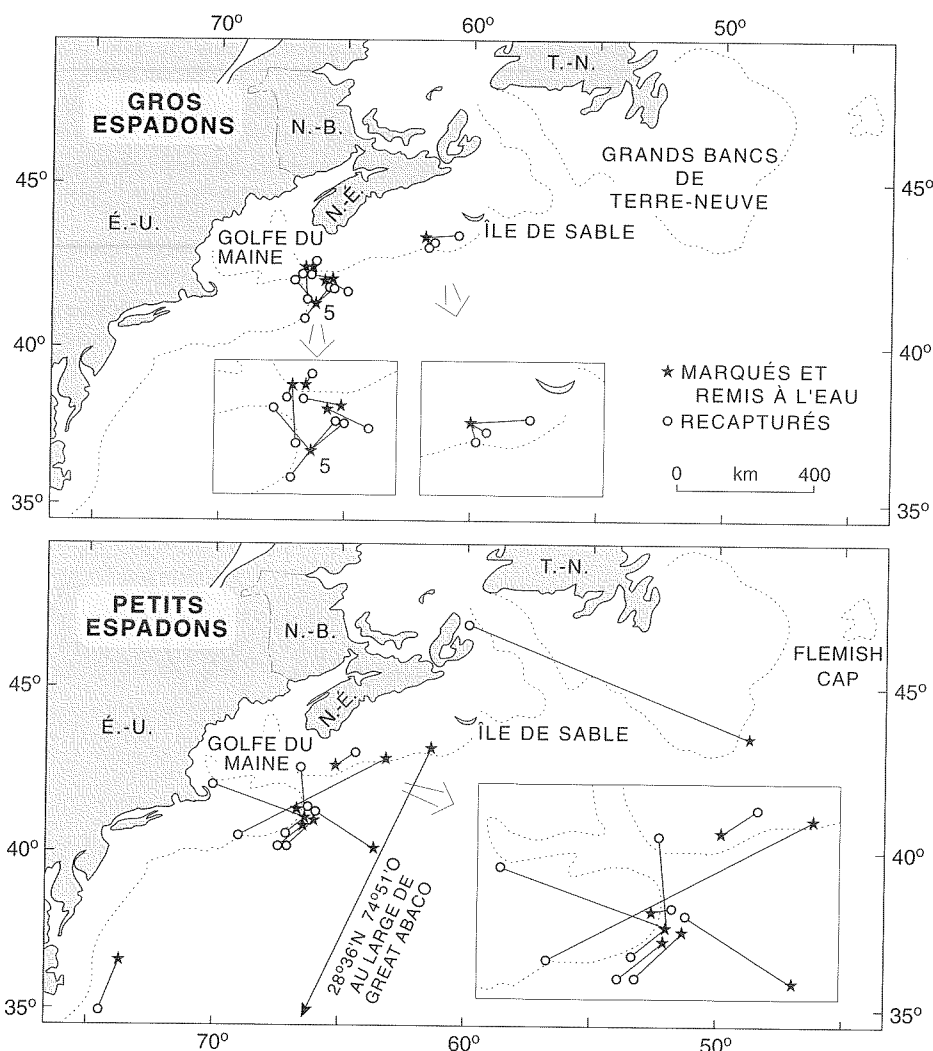


Figure 1. Lieux de remise à l'eau et de recapture des gros (adultes de 85 à 210 kg) et des petits (de 45 à 84 kg, n'ayant pas pour la plupart atteint la maturité) espadons marqués dans le cadre du Programme canadien de marquage des gros pélagiques, de 1961 à 1968.

CONFIGURATION D'ENGIN STANDARD

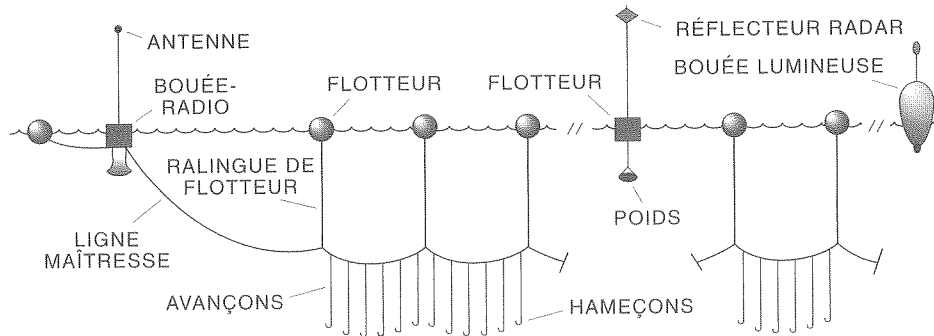


Figure 2. Configuration standard d'une palangre de surface pour la pêche de l'espadon.

La pêche

Au Canada, la pêche de l'espadon a commencé en 1903. Dès 1940, elle dépassait en importance celle des Américains (Stephenson et Power, 1985). Jusqu'en 1963, l'espadon était capturé au harpon et les prises se composaient presque exclusivement de grosses femelles. La palangre, introduite dans cette pêche en 1962, fut rapidement adoptée par la flottille (fig. 2). Les prises augmentèrent alors considérablement, pour atteindre 7 842 t en 1963, mais retombèrent à environ 5 000 t à la fin des années 60 (fig. 3). Cette période fut marquée par une diminution de la taille moyenne du poisson débarqué et par un changement dans la composition des prises, désormais constituées à la fois de mâles et de femelles.

Jusqu'en 1971, le Canada demeura le principal exploitant d'espadon de l'Atlantique. Mais cette année-là, on mit fin à la pêche, la

teneur en mercure des tissus d'espadon étant supérieure à la norme commerciale établie par les États-Unis (moins de 0,5 mg/kg). L'Espagne et le Japon continuèrent à pêcher l'espadon dans les années 70. En 1978, un relâchement de la norme américaine sur le mercure s'accompagna d'une hausse des prises canadiennes, qui se situèrent en moyenne à 1 000 t. À la fin des années 70 et 80, les prises américaines et espagnoles augmentèrent considérablement, au point que chacun de ces pays débarqua alors plus de 30 % des prises d'espadon dans l'Atlantique nord, soit en tout plus de 13 000 t.

En 1991, plus de 1 000 t d'espadon, d'une valeur de six millions de dollars, furent débarquées dans la région de Scotia-Fundy, surtout dans le sud-ouest de la Nouvelle-Écosse et aux alentours de Sambro. Plus de 90 % des débarquements d'espadon du Canada sont désormais capturés à la palangre

de surface (fig. 3) et 53 permis de pêche sont activement exploités. S'y ajoutent plusieurs centaines de permis de pêche au harpon, qui eux sont habituellement exploités de façon occasionnelle plutôt que dans une pêche dirigée. Les pêcheurs à la palangre installent leurs engins là où existe un gradient thermique de plusieurs degrés entre des profondeurs d'eau de 100 à 1 000 m. La pêche est la meilleure dans des zones où des eaux chaudes viennent en contact avec le bord d'un banc de pêche hauturier. C'est pourquoi les gorges et bords du banc Georges, du banc de Brown et des Grands Bancs de Terre-Neuve sont des endroits de prédilection pour la pêche à la palangre. Les pêcheurs y exploitent entre 22 et 60 km d'engin par jour, les hameçons étant descendus à des profondeurs qui varient entre 5,5 et 20 m.

Au cours des années 80, on a amélioré les hameçons et les avançons, et changé le matériau de la ligne principale et la méthode de mouillage. D'autres améliorations ont porté sur l'inclusion de leurres phosphorescents, de billes lumineuses et de crécelles sur les ligne d'avançons, au dessus des hameçons. Nos propres études ont révélé que les taux de prises augmentent lorsqu'on utilise des bâtons phosphorescents (fig. 4). Lors d'une sortie de pêche expérimentale réalisée en 1990, 25 % des 1 710 avançons utilisés étaient munis de bâtons phosphorescents. Or, 71 % des 41 espadons capturés l'ont été sur ces avançons, ce qui prouve bien l'efficacité de ces leurres (Porter, non publ.).

Gestion

On pense que l'espadon pêché dans les eaux canadiennes fait partie d'un unique stock de l'Atlantique nord (Anon., 1992). C'est pourquoi l'espèce est gérée à l'échelle de l'Atlantique par la Commission internationale pour la conservation des thonidés de l'Atlantique (CICTA), créée en 1966. Avant 1971, la pêche de l'espadon n'était pas réglementée. De 1971 à 1978, au Canada et aux États-Unis, les débarquements furent régis par les exigences commerciales (restriction sur la teneur des tissus en mercure aux É.-U.). En 1979, le Canada adopta une réglementation stricte en matière de délivrance des permis et de contingents pour les bateaux canadiens. En 1991, la CICTA préconisa pour la première fois des mesures de réglementation.

Les scientifiques de la CICTA, dont des Canadiens, s'inquiètent du fléchissement du stock de reproducteurs (âge 5+) depuis 1978 et des fortes prises de petit poisson (Anon., 1992). La nouvelle réglementation réduit les prises des pays qui pêchent le plus activement l'espadon, limite des pays comme le Canada à leurs niveaux de prises récents et impose une

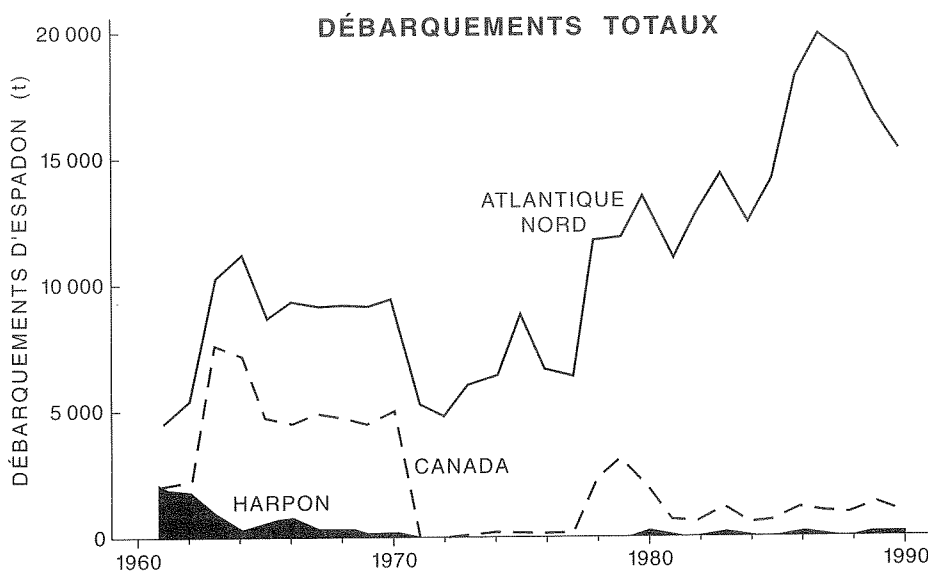


Figure 3. Débarquements d'espadon dans l'Atlantique nord de 1961 à 1991, comprenant les prises totales du Canada, capturées essentiellement à la palangre, ainsi que la portion de ces prises qui a été pêchée au harpon.

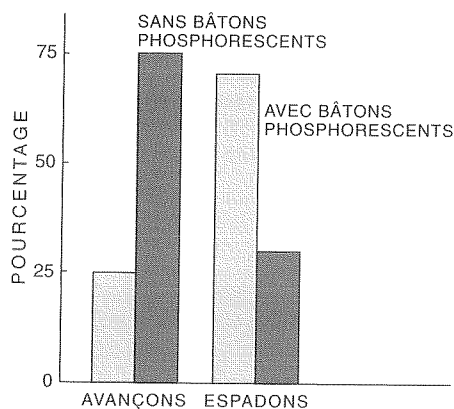


Figure 4. Résultats d'expériences de mouillages de palangres comportant des leurres artificiels, illustrant les pourcentages respectifs d'avançons dotés de bâtons phosphorescents et d'espadons capturés par ces avançons. On constate que les avançons munis de bâtons phosphorescents ont capturé plus d'espadons ( $\chi^2 = 45,3, p < 0,05$ ).

taille minimale du poisson capturé. Le Canada, en raison de son propre régime strict de gestion, a été peu touché par ces dispositions. La taille moyenne de l'espadon capturé au Canada (environ 60 kg) est bien supérieure à la prise moyenne dans l'Atlantique nord-ouest (fig. 5), parce que le gros espadon se nourrit apparemment dans les eaux productives plus froides qui longent le plateau continental.

Pour que l'on puisse parvenir à la réduction des prises de petit espadon recommandée par les scientifiques de la CICTA, il faut faire en sorte qu'aucun des petits espadons ne soit capturé par les palangres, car s'ils sont pris et relâchés il est vraisemblable qu'ils mourront. Des analyses récentes de nos expériences de marquage antérieures révèlent que 2,3 % des 216 poissons qui ont été pêchés à la palangre, puis marqués et remis à l'eau, ont été recapturés par la suite. Par comparaison, 26,9 % des 78 poissons pêchés au

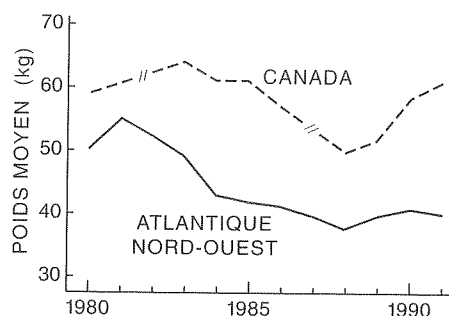


Figure 5. Comparaison des poids moyens (en kg) de l'espadon capturé dans l'Atlantique nord-ouest et au Canada de 1980 à 1991.

harpon, puis marqués et remis à l'eau ont été recapturés (fig. 6). Cette différence est apparemment due aux divers degrés de stress auxquels le poisson est exposé durant le marquage initial; les espadons capturés au harpon pour être marqués n'ont pas été manipulés, mais simplement marqués au moyen d'un harpon spécial, tandis que les espadons capturés à la palangre ont pu rester accrochés des heures à la ligne avant d'être remontés, marqués et remis à l'eau.

#### Fondement scientifique de la gestion de la pêche de l'espadon

Il est nécessaire de glaner un certain nombre de renseignements au fil du temps pour être en mesure de procéder à une évaluation numérique d'un stock de poisson. Il s'agit notamment de définir la structure du stock en question, de recueillir des statistiques sur les prises ou les débarquements, de mesurer l'effort – c'est à dire le degré de difficulté associé à la capture du poisson – et de déterminer l'âge ou la taille du poisson composant les prises. Il importe également de disposer d'informations sur la fécondité et la maturité du poisson, ainsi que de comprendre la biologie fondamentale de ce dernier.

Les méthodes habituelles d'évaluation ne conviennent pas à l'espadon parce que celui-ci est relativement dispersé et qu'il est donc difficile d'en capturer un nombre suffisant pour obtenir un échantillon représentatif. De plus, chaque spécimen vaut en moyenne 500 \$ (100 lb à 5 \$/lb) et est donc trop précieux pour être sacrifié à une étude. Au lieu de procéder de la manière traditionnelle, le personnel de la Station biologique de St. Andrews a travaillé en étroite collaboration avec les pêcheurs au cours des quatre saisons dernières, dans le but d'améliorer les statistiques de débarquement, de recueillir des renseignements sur les techniques de pêche en se fondant sur les journaux de bord et de déterminer le poids de chaque poisson.

En premier lieu, on cherche à répondre à des questions fondamentales sur l'âge, la croissance et la fécondité de l'espadon, celles-ci étant essentielles à l'établissement de modèles d'évaluation fondés sur l'âge. On a créé le programme actuel de recherche sur l'espadon en étant conscient de ce que le manque d'information sur les paramètres élémentaires de la population et de connaissances générales sur la biologie de l'espadon sont des lacunes du processus d'évaluation. En particulier, même si l'on sait que l'espadon est un animal qui croît rapidement et que les femelles grandissent plus vite que les mâles (Porter et Smith, 1991), les renseignements dont on dispose sur sa croissance sont limités et contradictoires. Les

méthodes traditionnelles de calcul de l'âge sont difficiles à appliquer à l'espadon, parce qu'à l'état adulte celui-ci n'a pas d'écaillés et que ses otolithes sont minuscules.

#### L'espadon dans l'avenir

Les inquiétudes au sujet du déclin du stock reproducteur et les fortes prises de petit espadon ont abouti à l'adoption de règlements par la CICTA en 1991. Le Canada avait déjà suivi un régime de gestion strict pendant la décennie précédente, mais il adopta des restrictions sur la taille de l'espadon capturé et sur les contingents de pêche dans les Plans de gestion de la pêche de l'espadon de 1991 et 1992, pour faire suite aux décisions de la CICTA. On s'inquiète encore beaucoup de la hausse rapide des prises dans l'Atlantique sud ces dernières années et de la possibilité que ces prises proviennent d'un stock unique pour tout l'Atlantique, quoique, à l'heure actuelle, l'espadon du nord et celui du sud de cet océan soient gérés comme s'ils appartenaient à deux stocks différents.

De nombreuses questions sur la biologie de l'espadon demeurent sans réponse, en particulier en ce qui concerne la structure du stock. Toutes ces questions sont actuellement étudiées dans le cadre d'un effort de recherche spécifique, au Canada et ailleurs dans l'Atlantique. Dans un proche avenir, on peut s'attendre à ce que des pressions plus fortes soient exercées, en particulier par les plus gros pays pêcheurs, en faveur de l'adoption de mesures de conservation. Il est possible de rétablir les stocks et de créer une pêche viable si l'on procède à une gestion rigoureuse et à une surveillance scientifique attentive.

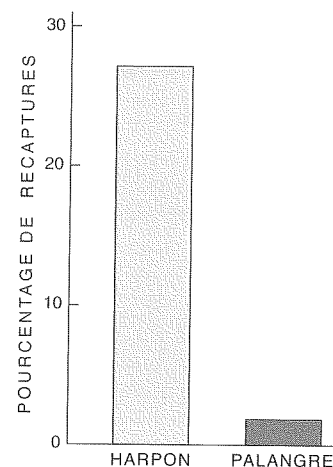


Figure 6. Taux de recapture, par type d'engin, des espadons capturés, marqués et remis à l'eau dans le cadre du Programme canadien de marquage des gros pélagiques, de 1961 à 1986. Une plus grande proportion des poissons pris au harpon puis marqués a été recapturée ( $\chi^2 = 43,0, p < 0,05$ ).

**References**

Anonymous. 1992. SCRS report on swordfish. Int. Comm. Conserv. Atl. Tunas, Rep. of Biennial Period 1990-91, Part II:126-133.

Burnett, C. D., J. S. Beckett, C. A. Dickson, P. C. F. Hurley, and T. D. Iles. 1987. A summary of releases and recaptures in the Canadian large pelagic fish tagging program 1961-1986. Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci. 673:99 p.

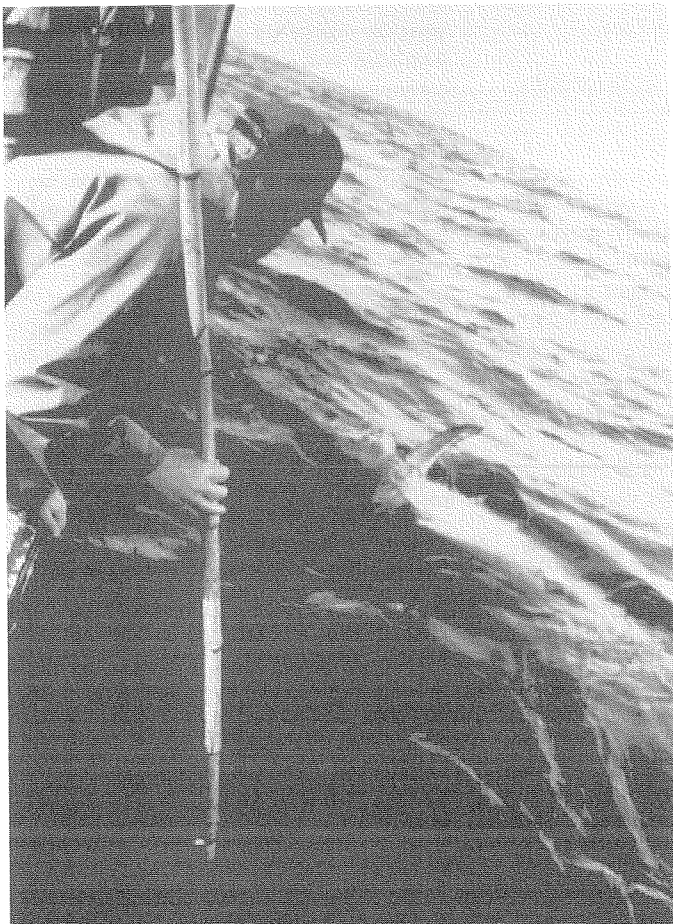
Porter, J. M., and S. C. Smith. 1991. Literature review of differential growth and mortality in Atlantic swordfish, *Xiphias gladius*. Int. Comm. Conserv. Atl. Tunas Coll. Vol. Sci. Pap., Madrid 35:445-448.

Scott, W. B., and M. G. Scott. 1988. Atlantic fishes of Canada. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 219:731 p.

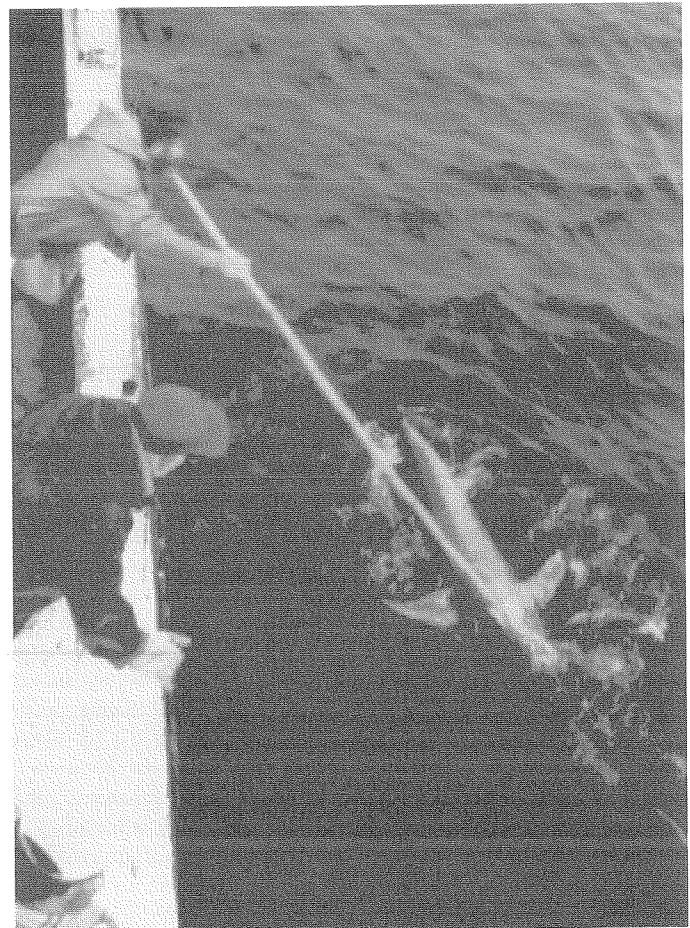
Stephenson, R. L., and M. J. Power. 1985. 1985 biological update for the Canadian swordfish

fishery. Can. Atl. Fish. Sci. Advis. Comm. Res. Doc. 71:7 p.

Tibbo, S. N., L. R. Day, and W. F. Doucet. 1961. The swordfish (*Xiphias gladius*), its life history and economic importance in the northwest Atlantic. Bull. Fish. Res. Board Can. 130:47 p.



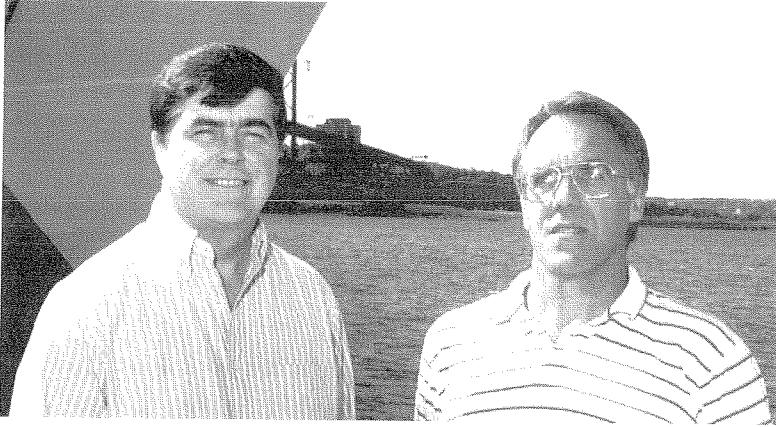
*Dans l'attente du bon moment.*



*Chercheur fixant une étiquette sur un espadon.*

# Observation des propriétés de la glace de mer par couplage des procédés de modélisation de la glace et des océans et des procédés de prévision des glaces

S. J. Prinsenberg et G. A. Fowler



G. A. Fowler et S. J. Prinsenberg

Pour la plupart des Canadiens, le terme de «glace de mer» évoque des navires dévastés dont l'équipage, ravagé par le scorbut, attend la fin dans le piège que constituent ces glaces. Aujourd'hui, le danger est moins grand pour les vies humaines grâce à l'introduction de navires modernes, de radars et d'innombrables techniques de prévision glaciologique, mais les dangers que pose la mer englacée sont encore très réels. L'exploration pétrolière, les pêches et les transports maritimes au large des côtes du Labrador et de Terre-Neuve augmentent continuellement le besoin de moyens de surveillance et de prédiction des propriétés et des déplacements de la banquise annuelle tout au long de l'hiver et du printemps.

Toutefois, malgré toutes ses caractéristiques défavorables, le bord de la banquise offre pendant la fonte des glaces de bonnes conditions de pêche, puisque c'est là que le brassage vertical des eaux océaniques stimule l'activité biologique. De plus, grâce à des mécanismes que l'on commence seulement à comprendre et à quantifier, les glaces ont un profond effet sur le climat.

L'étude des propriétés de la glace, notamment de sa croissance, son déplacement et sa disparition finale, est un travail difficile. Les sites d'observation sont éloignés, le milieu est rigoureux et souvent dangereux, et les glaces sont toujours en mouvement. Les études faites à partir de navires et d'hélicoptères sont coûteuses et ne peuvent donner qu'une vision de courte durée de la situation d'ensemble.

Heureusement, nous disposons maintenant de nouvelles techniques d'imagerie satellitaire, qui nous permettent d'obtenir une image claire de la distribution des glaces et des types de glaces, à moindres frais et sans risque. Toutefois, l'emploi de la télédétection a ses limitations; ce procédé en est encore à sa phase initiale, et doit être complété par des mesures in situ de l'atmosphère, des océans et des glaces. En fait, des opérations sur le terrain peuvent toujours s'avérer nécessaires, pour fournir les mesures nécessaires aux chercheurs intéressés à l'exploration de cet environnement hostile.

De récents progrès ont permis d'obtenir les données in situ requises au moyen du système Argos, qui est lui aussi basé sur la technologie satellitaire. Ce système est basé sur un arrangement de satellites à orbite polaire, qui non seulement reçoivent des quantités limitées de données à partir d'un terminal émetteur sur plate-forme de glace (PTT) en temps presque réel (256 bits 6 à 10 fois par jour), mais peuvent aussi «repérer» l'emplacement de ce terminal émetteur sur plate-forme de glace (PTT) avec une précision (écart-type) de 0,2 km. On tire profit de ces possibilités pour évaluer et améliorer les données de télédétection et identifier la contribution de l'environnement aux propriétés de la banquise.

Dans cet article, sont décrits quelques-uns des appareils mis au point à l'Institut Bedford d'océanographie (IBO) et par l'industrie locale, dans le but d'obtenir des

données sur la banquise et les environnements atmosphérique et océanographique adjacents.

## Déplacements des glaces

L'une des plus importantes caractéristiques des glaces de mer sur le littoral est du Canada est le déplacement de ces glaces en réponse au forçage exercé par l'atmosphère et l'océan. Les glaces se forment le long des côtes du Labrador, et, comme une bande transporteuse géante, se déplacent à travers la plate-forme de glaces flottantes pour se joindre aux glaces formées dans l'Arctique. Puis elles virent vers le sud en suivant le courant du Labrador et finissent par fondre dans les eaux plus chaudes des régions environnant les Grands Bancs.

Il est difficile de suivre ces déplacements sur l'imagerie satellitaire uniquement par des moyens visuels, et il faut utiliser des techniques assistées par ordinateur, qui en sont encore à l'étape de mise au point, pour distinguer les schémas existants. Par ailleurs, le système Argos est parfaitement adapté à cette tâche, puisqu'il suffit d'installer un simple émetteur sur la glace pour obtenir une représentation graphique du cheminement. Le dispositif employé pour effectuer ce travail était la balise de signalement des glaces, mise au point par la société Hermes Electronics. La balise était une simple boîte métallique contenant un émetteur pourvu d'un numéro d'identification spécifique, d'une antenne, et de suffisamment de piles pour que l'ensemble fonctionne pendant six mois dans les conditions arctiques. Comme ces appareils étaient peu coûteux, on a jugé inutile de les récupérer, et on les a laissés glisser du bord de la banquise et couler dans l'eau lorsque les glaces ont fondu; on a ainsi déterminé le moment où s'est achevé le déplacement vers le sud des glaces sur lesquelles la balise était posée.

Comme indiqué plus haut, il est possible de déterminer un emplacement donné avec une précision de 0,2 km, ce qui représente un écart-type de la vitesse de l'ordre de 0,3 cm/s pour des repères distants d'une journée. Lorsque la glace se déplace effectivement, les vitesses mesurées sont de l'ordre de 10 à 50 cm/s, donc les mesures de la vitesse ont une précision de 0,6 à 3 %, qui se situe dans une gamme acceptable.

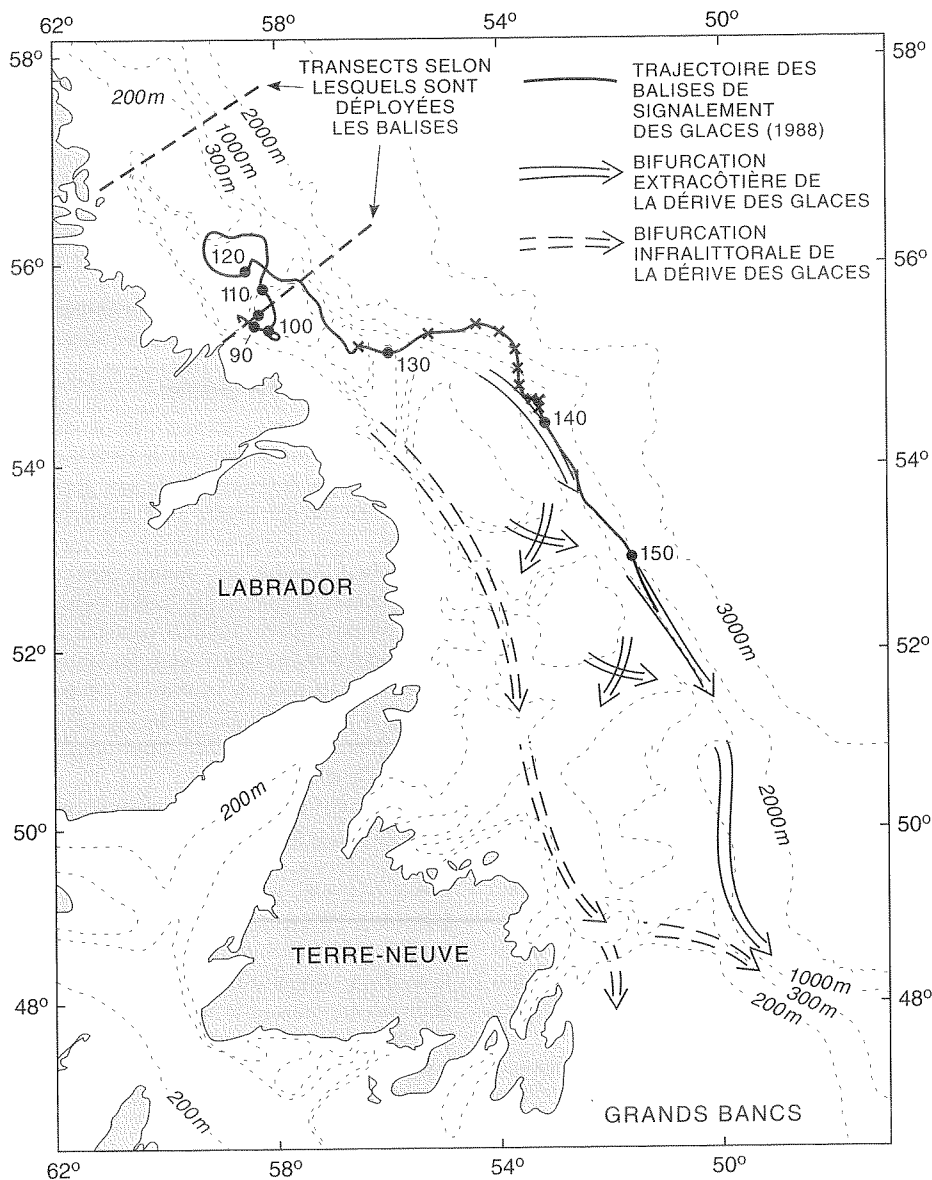


Figure 1. Trajectoire moyenne suivie par les balises de signalement des glaces déployées au large des côtes septentrionales du Labrador. La trajectoire en évidence est celle de la balise à chaîne de thermistors; les données sont indiquées à la figure 5.

Entre 1985 et 1989, on a déployé au moyen d'hélicoptères 42 balises de signalement des glaces qui se laissent repérer par satellite et sont installées sur la banquise mobile au large des côtes du Labrador, afin d'étudier la réponse des glaces de mer au forçage exercé par l'atmosphère et l'océan (Peterson et Symonds, 1988). Généralement, les balises transportées par les glaces se déplacent vers le sud à la vitesse de 18 km/jour au-dessus de la plate-forme continentale et à la vitesse de 45 km/jour au-dessus de l'accore, étant entraînées par advection vers le sud sous l'effet des courants océaniques et des vents nord-ouest dominants (fig. 1). Les balises déployées pendant la mi-janvier et la mi-

février sur les glaces flottantes qui longent les côtes du Labrador ont dérivé vers le flanc nord des Grands Bancs (ce qui représente une distance de 800 km) en 1,5 à 2 mois avant de virer vers l'est le long des Grands Bancs. Lorsqu'elles n'ont pas été repoussées vers le rivage par le vent, où les glaces flottantes sur lesquelles elles reposent ont fondu, les balises ont suivi deux trajets préférentiels: l'un à l'intérieur, l'autre à l'extérieur du Banc Hamilton, à la latitude de 54° N. Les glaces peuvent dériver à la vitesse maximum de 100 km/jour, lorsqu'elles se déplacent vers le sud en suivant le courant du Labrador, sous l'influence des forts vents du nord.

Grâce à la miniaturisation des appareils

électroniques et aussi à l'optimisation de la consommation des piles et batteries dans les rigoureuses conditions subarctiques des côtes du Labrador, on a réussi à mettre au point une nouvelle génération de balises miniaturisées de signalement des glaces. Ces balises, conçues par la compagnie Metocean Data Systems de Dartmouth, sont beaucoup plus compactes que les modèles précédents, mais gardent toutes les autres caractéristiques de ces derniers. En outre, on peut lancer d'un avion les balises de ce type, ce qui augmente nettement leur champ d'exploitation.

On obtient maintenant de façon courante des données sur la dérive des glaces, en employant ces appareils. De plus, les données ainsi obtenues permettent d'étalonner les modèles numériques avec lesquels on cherche à prédire l'avancée et le recul de la banquise saisonnière.

### Croissance et disparition des glaces

La vitesse de croissance ou de disparition des glaces est principalement le résultat de l'équilibre entre les forces thermodynamiques exercées par le milieu atmosphérique et celles exercées par le milieu océanique. Lorsque l'air passant au-dessus de la glace refroidit davantage celle-ci que l'eau circulant au-dessous ne la réchauffe, cette glace augmente d'épaisseur. La glace fond lorsque l'inverse se produit, ou lorsque l'atmosphère et l'océan réchauffent tous deux la glace. L'accumulation des précipitations à la surface des glaces, bien que moins importante, peut avec le temps former de la glace nouvelle, ou, dans certaines conditions, servir de couverture isolante qui retarde la formation de la glace.

Pour quantifier ces effets, on a élaboré des balises qui utilisent la capacité du système Argos à transmettre certaines données en même temps que l'information sur leur position. On y est parvenu en équipant des terminaux émetteurs standard sur plate-forme de glace (PTT) liés au système Argos, d'interfaces électroniques, qui correctement programmées, peuvent recevoir les données collectées par divers types de capteurs.

Dans le cas des études thermodynamiques, l'appareil le plus économique et le plus souvent utilisé est le thermistor, qui répond à toute variation de la température par une variation reproductible et facilement étalonnée de la résistance électrique. Divers arrangements des séries de thermistors peuvent aider à définir un profil thermique vertical, dont la pente pourrait servir à calculer le flux thermique à travers la glace, l'eau ou l'atmosphère.

La plate-forme de surveillance des glaces (ice monitoring platform, IMP) édiflée par la compagnie Metocean Data Systems (fig. 2)





Figure 2. Installation de la plate-forme de surveillance des glaces sur les glaces extracôtières du Labrador, et d'une balise de signalisation des glaces, équipée d'un anémomètre, à l'arrière-plan.

recueille les profils thermiques, comme ceux de la figure 3, à la surface de l'eau, de la glace et dans l'atmosphère. Le module capteur se compose d'un tube rigide en fibre de verre abritant une série de thermistors montés sur toute sa longueur, et contenant aussi le bloc de piles. Les données présentées à la figure 3 ont été recueillies dans une station de surveillance glaciologique située sur la banquise littorale du Labrador, à 54° N de latitude, du 24 janvier au 28 avril 1988. Pendant cette période, l'épaisseur des glaces a augmenté, passant de 55 cm à 90 cm (Peterson *et al.*, 1991). On emploie les données pour estimer la vitesse de croissance des glaces et le bilan du flux thermique entre l'océan et l'atmosphère.

Un détail particulièrement intéressant des données est le point d'inflexion des profils de températures. Cette discontinuité définit l'interface glace/eau, puisque l'eau de mer ne peut rester à l'état liquide au-dessous de -1,8° C. Pour que le profil de températures de l'eau permette de déterminer l'épaisseur des glaces, il faut que la température atmosphérique soit très basse, et puisse ainsi générer une nette discontinuité à l'interface glace/eau. À mesure qu'augmente la température atmosphérique, la discontinuité disparaît, et cette méthode ne convient alors plus à la surveillance de l'épaisseur des glaces pendant les périodes de dégel. La plate-forme de surveillance des glaces (IMP) peut

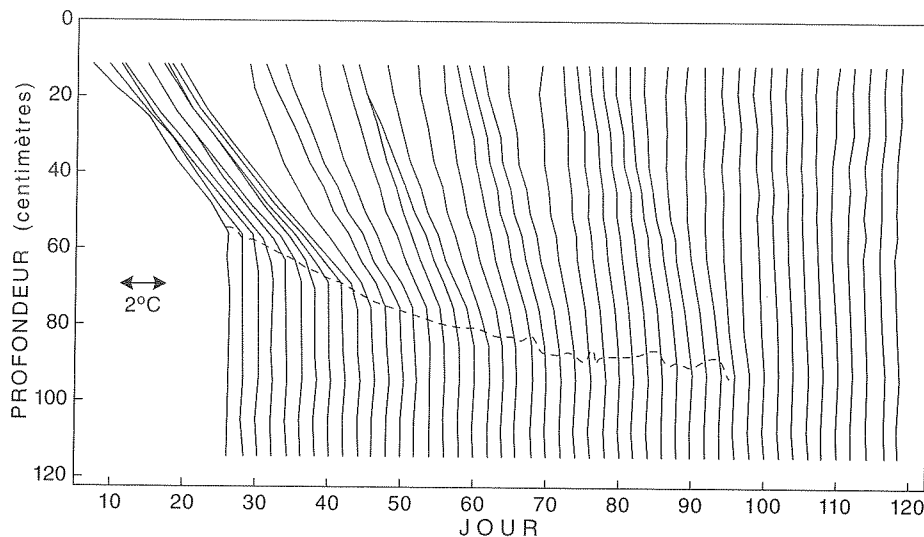


Figure 3. Profils des températures quotidiennes moyennes établis à partir de la colonne de glace et de la colonne supérieure d'eau, tous les deux jours, du jour 25 au jour 119 du calendrier julien (le jour 119 correspond au 28 avril) de 1988.

efficacement fonctionner dans de la glace atteignant 2 m d'épaisseur au maximum, et a été installée lors de l'expérience coordonnée sur l'est de l'Arctique (CEAREX) pendant l'hiver 1988-1989.

Le succès du fonctionnement in situ de la plate-forme de surveillance des glaces (IMP) et des balises miniaturisées de signalement des glaces a permis la mise au point d'une version plus petite d'une jauge de températures adaptée aux conditions glaciologiques de la Plate-forme du Labrador (fig. 4). Cet instrument comporte deux sous-éléments, le premier constitué d'un ensemble électronique avec émetteur, interface des données, et bloc de piles; le second constitué d'un ensemble de capteurs reliés par des câbles, recueillant sur 2 m de longueur des profils thermiques de l'atmosphère, de la glace et de l'eau, et fournissant des données semblables à celles de la figure 3. Le système est modulaire, et permet la fixation de divers capteurs selon le type d'application. Ce système permet de diminuer les coûts de production, et donne ainsi un bon degré de rentabilité à la collecte des données.

Si l'on doit obtenir des données sur les températures relevées dans les couches océaniques profondes, on peut suspendre une chaîne flexible de thermistors depuis la surface et établir une liaison entre ces thermistors et un système Argos de relevés (Fowler et Bugden, 1987). En effectuant des relevés thermiques en eau profonde, et aussi à proximité et à l'intérieur des glaces, on peut estimer la contribution du flux thermique océanique à la fonte des glaces. Il est important d'installer un capteur de pression à la base de la chaîne, afin de pouvoir corriger les estimations de la profondeur des mesures thermiques en fonction des excursions verticales causées par la résistance de l'eau passant à proximité de la chaîne flexible.

En avril 1988, une bouée prototype à chaîne de capteurs thermiques, déployée au large des côtes septentrionales du Labrador, s'est tout d'abord déplacée vers le nord avant de reprendre son mouvement vers le sud (voyez la trajectoire indiquée à la figure 1). La chaîne de thermistors a fourni des données de la température instantanée aux profondeurs de 0,7, 3, 5, 7, 20 et 50 m au-dessous de l'interface air/glace et cela 6 à 10 fois par jour. Finalement, les capteurs thermiques situés à 10 m et 50 m de profondeur ont cessé de fonctionner, de même que le capteur des températures atmosphériques situé à 0,5 m d'altitude. Le système a néanmoins fonctionné pendant plusieurs mois, et survécu à la transition de l'état de «congélation» à celui de flottement en pleine mer, sans aucune avarie.

Les données corrigées en fonction de la

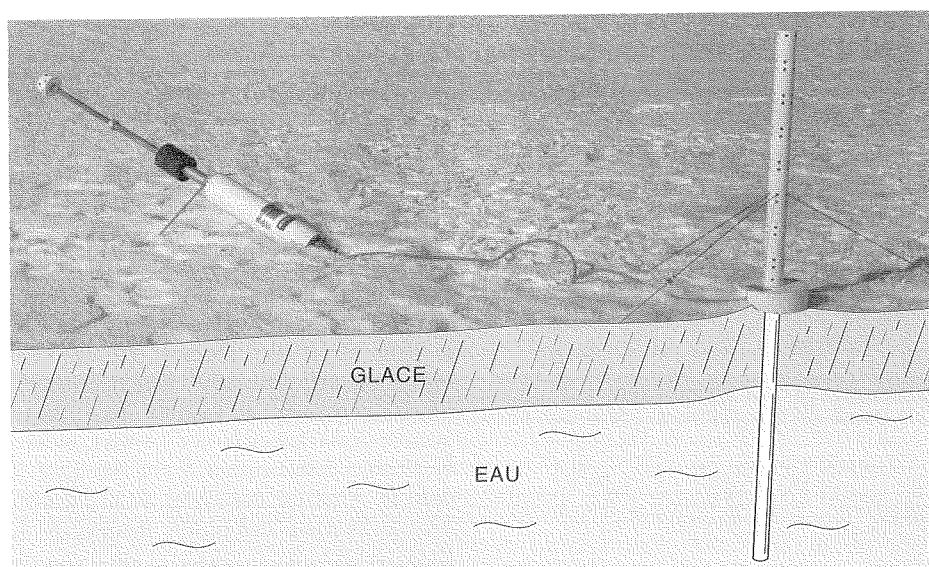


Figure 4. Balise miniaturisée de signalement des glaces, déployée sur la banquise du Labrador au large de Cartwright. Les capteurs thermiques montés sur la règle recueillent des profils de la température de l'atmosphère, de la glace et de la partie supérieure de la colonne d'eau.

profondeur (Prinsenber *et al.*, 1991) indiquent la présence d'une mince couche d'eaux de fonte de 2 m d'épaisseur (fig. 5), qui a commencé à apparaître au-dessus de la couche mixte à surface froide dès la fin d'avril (jours 119-122 du calendrier julien). Les

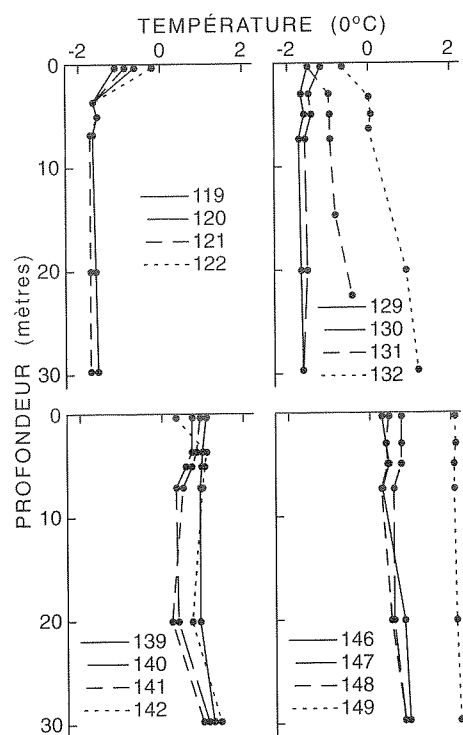


Figure 5. Profils des températures de la glace et de l'eau, tels que recueillis par la chaîne de thermistors, dont la trajectoire est montrée à la figure 1.

glaces entraînant la bouée se sont déplacées vers le sud-est parallèlement au littoral à la vitesse de 23 km/jour pendant les 7 jours suivants avant de se déplacer vers le large à la vitesse maximum de 50 km/jour dans les eaux plus profondes et plus chaudes. Dès le 11 mai (jour 132), la couche mixte de surface avait une température supérieure à 0°C et présentait un gradient thermique vertical négatif. On a noté un refroidissement de la surface, causé soit par l'atmosphère soit par la fonte de la glace. Entre le 11 mai et l'époque où la balise a basculé du bord externe de la banquise le 27 mai (jour 148), elle se déplaçait parallèlement à la côte à la vitesse de 18 km/jour dans la région du courant du Labrador. Les gradients thermiques verticaux négatifs ont persisté. Finalement, les eaux superficielles se sont réchauffées jusqu'à 2°C, conditions régnant en pleine mer en dehors de la zone de banquise. Les profils verticaux (fig. 5) montrent les différentes étapes du champ de températures: l'état homogène des eaux froides au-dessus de la plate-forme continentale avant le jour 130,5; le rapide passage à des eaux plus chaudes au-dessus du talus continental le jour 131; la stratification dans les zones extracôtières dès le jour 132; et une stratification moindre après le jour 137, époque à laquelle les eaux superficielles et les eaux profondes ont commencé à se réchauffer. En raison du succès de la bouée prototype, les balises équipées de chaînes de thermistors étaient prêtes à l'usage dès l'hiver 1992.

Une analyse plus poussée des données indique que les glaces ont fondu lentement au-dessus de la plate-forme continentale, à la

vitesse de 4 cm/jour, et beaucoup plus rapidement au-dessus de l'accore, à une vitesse maximale de 12 cm/jour. Dans les deux cas, la chaleur a en majeure partie été fournie par l'océan. C'est ainsi que le bord des glaces a reculé en fondant à la vitesse remarquable de 18 km/jour, en raison du flux thermique de 700 watts/m<sup>2</sup> provenant des eaux océaniques (Prinsenber *et al.*, 1991).

### Forces agissant sur les glaces

Comme susmentionné, les glaces se déplacent principalement sous l'influence des vents et de l'eau, mais d'autres facteurs tels que les effets des vagues et la rotation de la Terre jouent un rôle mineur. Il est essentiel de quantifier ces effets pour que les modèles numériques actuellement mis au point aient un solide fondement, sur lequel puissent être basées leurs prédictions.

Il est plutôt facile d'obtenir une estimation relative aux vents, en installant un anémomètre du commerce sur une balise de signalement des glaces, comme l'indique la figure 6. On mesure la direction des vents par rapport à la balise, et cette dernière comporte elle-même une boussole, qui permet d'enregistrer la vitesse vraie du vent. Habituellement, on recueille les données toutes les heures et on les ajoute à un «empilement» de cinq fichiers précédents, qui sont tous transmis pour éviter toute lacune dans les données horaires. Si l'on modifie le logiciel interne, l'émetteur et l'interface des données peuvent couvrir la demande de données supplémentaires, mais on incurt des frais additionnels, en raison du coût des capteurs ajoutés. Ces frais additionnels rendent ces instruments moins utiles dans les situations où le risque de les perdre trop rapidement est élevé.

Pour l'instant, nous ne pouvons que faire les estimations les plus sommaires des forces exercées par l'océan, mais nous pouvons y parvenir sans ajouter des capteurs complexes. Les balises et bouées équipées de chaînes de thermistors peuvent indiquer approximativement le cisaillement moyen entre la glace et l'eau parce que la base de la chaîne subit un mouvement vertical en réponse à la résistance induite par l'écoulement. En inversant physiquement un amarrage conçu par un modèle informatique (Hamilton, 1989), il est possible de déduire le courant d'eau moyen de la configuration du câble suspendu, définie par le mouvement vertical.

Les données fournies par les balises déployées jusqu'à présent ont montré que, le long des côtes du Labrador, la banquise dérive dans la même direction que les vents de l'atmosphère supérieure et à 1,8 % de sa vitesse (Peterson et Prinsenber, 1989). Les

données fournies par les balises et par la chaîne de thermistors prototypes indiquent qu'en moyenne, la banquise se déplace vers le sud à la vitesse de 16 km/jour au-dessus de la plate-forme continentale et à la vitesse de 45 km/jour au-dessus de l'accore. La dérive mensuelle moyenne causée par l'action des courants océaniques sur la face inférieure de la glace est de 8 km/jour au-dessus de la plate-forme continentale et de 35 km/jour au-dessus de l'accore.

### Futurs travaux

Pour bien comprendre le cycle de vie des glaces de mer et leurs propriétés, il est nécessaire de mettre au point de nouveaux capteurs et de nouveaux appareils. Disposant ainsi de plus d'information détaillée, les chercheurs pourront étudier les processus qui se déroulent dans la zone des glaces marginales et étalonner les modèles numériques. Pour le moment, on met au point des bouées capables de fournir des données océaniques et atmosphériques en temps réel et de survivre au déploiement sur les glaces. Elles fonctionneront à proximité du bord des glaces. On envisage d'intégrer des instruments de mesure des contraintes internes subies par les glaces, aux systèmes d'extraction des données de télédétection déjà installés à l'IBO. À plus long terme, il serait possible de déployer des capteurs à partir d'un avion, de les laisser se placer solidement dans des trous forés dans la glace, puis d'établir une communication bidirectionnelle non surveillée avec les capteurs, afin de recueillir des données atmosphériques, glaciologiques et océaniques. La technologie relative à ces systèmes en est à l'étape de mise au point.

### Bibliographie

Fowler, G. A., and G. Bugden. 1987. The development of thermistor chain buoys for use in ice-infested waters. *Proceedings, Oceans 1987*:220-224.

Hamilton, J. M. 1989. The validation and practical applications of a sub-surface mooring model. *Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* 119:iv+45 p.

Peterson, I. K., and S. Prinsenberg. 1989. Observations of sea ice drift off Newfoundland using satellite imagery and ice beacons. *Proceedings of the 12th Canadian Symposium on Remote Sensing*:2359-2362.

Peterson, I. K., S. D. Smith, S. Prinsenberg, and R. Orton. 1991. Remote monitoring of thermal structure and growth of shore-fast ice off the Labrador coast. *Cold Regions Science and Technology* 19:123-130.

Peterson, I. K., and G. Symonds. 1988. Ice floe trajectories off Labrador and Eastern Newfoundland: 1985-1987. *Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* 104:v+101 p.

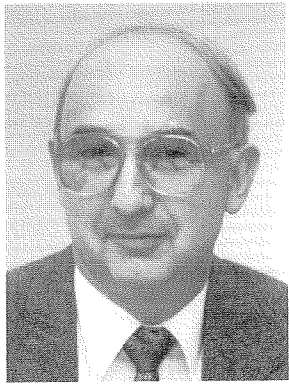
Prinsenberg, S. J., I. K. Peterson, and G. A. Fowler. 1991. Estimates of ice-edge melt rates off Labrador and Eastern Newfoundland, Canada. *Annals of Glaciology* 15:163-170.



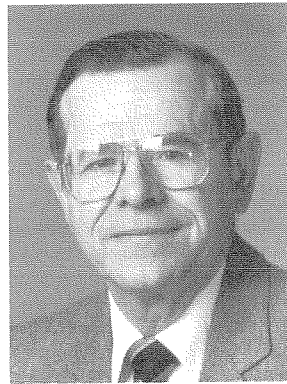
Figure 6. Balise équipée d'un anémomètre.

# La gestion du saumon et la science dans les années 90

J. A. Ritter et R. E. Cutting



J. A. Ritter



R. E. Cutting

Le saumon de l'Atlantique, *Salmo Salar*, est la principale espèce de poisson anadrome de l'est du Canada. Il abonde dans les rivières côtières depuis la frontière du Maine jusqu'à la baie d'Ungava et dans les affluents d'amont du Saint-Laurent jusqu'à Québec. On considère généralement que si du saumon est présent dans un réseau hydrographique cela signifie que la qualité du milieu aquatique ne s'est pas détériorée de façon notable, en particulier par la pollution de l'eau.

Le saumon de l'Atlantique revêt une grande importance économique et sociale, en raison de son utilisation dans la pêche sportive et commerciale ainsi que dans la pêche de subsistance des autochtones, et de sa vaste disponibilité.

Au Canada, les récoltes de saumon de l'Atlantique ont chuté depuis le début du siècle, comme d'ailleurs celles de la plupart des poissons qui passent une partie ou la totalité de leur vie en eau douce (fig. 1). Les prises ont atteint un sommet en 1930, sans doute à cause de la Grande Dépression, époque où la pêche à outrance était vraisemblablement répandue.

Ces dernières décennies, l'utilisation de la ressource a changé en raison tant de modifications dans sa répartition que de mesures de conservation des stocks. Les mesures de gestion restrictives ont eu de plus grands effets sur la pêche commerciale que sur la pêche sportive, quoique la première soit demeurée la plus grande utilisatrice de la ressource (fig. 1). Au cours des quelques dernières années, les autochtones ont montré un intérêt croissant pour la pêche du saumon, ce qui explique le pourcentage grandissant des prises canadiennes capturées dans le cadre de

la pêche de subsistance des autochtones.

Le régime de gestion actuel, qui a été adopté en 1984, a considérablement réduit les prises et l'effort dans la pêche commerciale et rendu illégales les prises accidentelles de saumon. Par ailleurs, les pêcheurs sportifs des provinces Maritimes et de l'île de Terre-Neuve se sont vu interdire la pêche du saumon de moins de 63 cm de long. L'objectif est de conserver les saumons plus vieux et de plus grosse taille, dont au moins les deux tiers sont

composés de femelles et qui, dans de nombreuses rivières, sont responsables de la majorité de la ponte. Le saumon canadien est également pêché au large de la côte ouest du Groenland, mais l'imposition de contingents depuis 1975 a permis de limiter les pertes de poisson canadien au profit de cette pêche étrangère.

Le saumon de l'Atlantique partage sa vie entre l'eau douce et l'eau salée de l'Atlantique. Arrivé à maturité, il remonte les rivières et fraye en octobre et en novembre. Dans la région de Scotia-Fundy, les juvéniles issus du frai passent généralement de deux à trois ans dans les parties des rivières au débit le plus rapide. Après avoir atteint de 15 à 18 cm de long environ, ils subissent des métamorphoses physiologiques qui leur permettent de descendre vers la mer au printemps. À ce stade, on les appelle saumoneaux.

Une fois dans l'océan, la plupart des saumons suivent une migration alimentaire, au cours de laquelle ils parcourent plusieurs centaines de milles en un ou deux ans. Lorsque les saumons atteignent de 2 à 5 kilos, un bon nombre d'entre eux entament leur maturité sexuelle et commencent à nouveau à

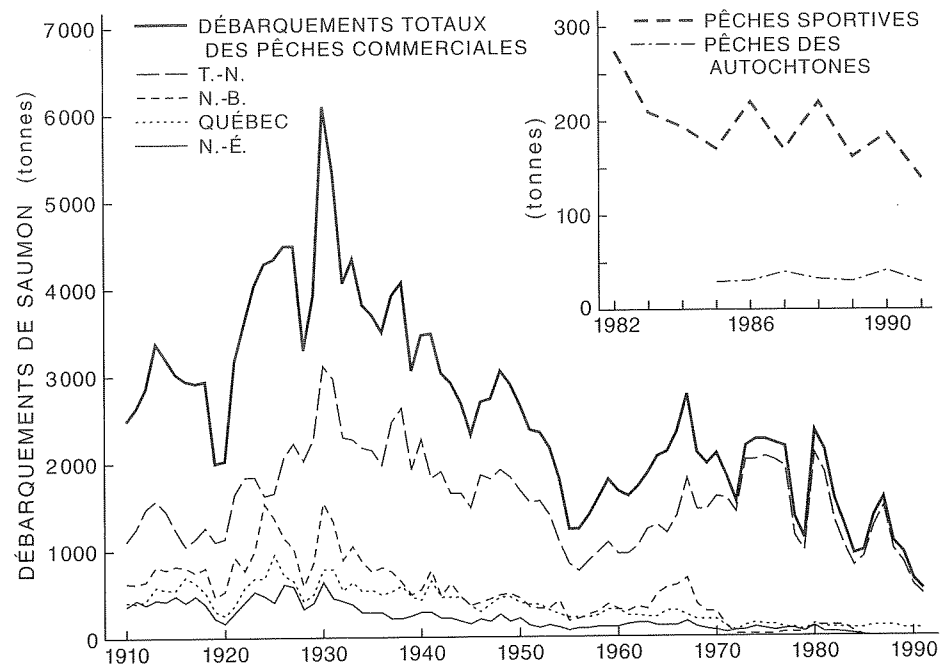


Figure 1. Débarquements canadiens de saumon de l'Atlantique provenant des pêches commerciales (de 1910 à 1991), des pêches sportives (de 1982 à 1991) et des pêches de subsistance des autochtones. Les débarquements des pêches commerciales sont ventilés par province.

remonter la rivière où ils ont passé leur jeunesse. D'autres passent plus de temps en mer. Le saumon adulte cesse de se nourrir et revient dans sa rivière d'origine entre mai et octobre, en préparation pour le frai d'automne.

Les variations caractérisant divers stocks portent essentiellement sur les différences de taille et d'âge des saumoneaux, sur le lieu et sur le moment de la migration en eau de mer, sur la période à laquelle l'adulte revient dans sa rivière d'origine et sur les proportions de saumons ayant passé un nombre divers de saisons en mer qui composent les montaisons. Cette dernière caractéristique peut être attribuée aux différences existant dans le taux de survie des géniteurs qui frayent à nouveau et à la période qui s'écoule entre l'arrivée en mer au stade de saumoneau et le premier retour dans la rivière d'origine.

L'expression des différentes caractéristiques des stocks, ainsi que l'isolation des géniteurs, qui se séparent pour revenir dans leur rivière ou affluent d'origine au stade de la reproduction, ont abouti à des différences génétiques dans les stocks d'une même rivière et de rivières différentes. Depuis la glaciation wisconsinienne, chaque stock s'est adapté à son propre milieu et à ses propres perturbations, dans les limites d'adaptabilité de l'espèce. Dans la seule région de Scotia-Fundy, des prises sportives ont été enregistrées dans 132 rivières (99 de Nouvelle-Écosse et 22 du Nouveau-Brunswick, plus 11 affluents du Saint-Jean) et on sait que d'autres cours d'eau plus petits accueillent des stocks de géniteurs. On pense que des études futures du comportement et des caractéristiques génétiques biochimiques permettront de subdiviser encore les stocks, en particulier ceux des grosses rivières, ce qui aboutira à des mesures de gestion davantage spécifiques aux divers stocks.

Le concept des stocks complique la gestion des ressources en saumon. L'exploitation humaine peut exterminer plusieurs stocks de saumon distincts, en particulier les plus petits. Le fait que la migration de toutes les femelles composant le stock annuel de géniteurs s'effectue par un passage restreint, comme l'embouchure d'une rivière ou un estuaire, rend le saumon plus vulnérable à l'exploitation que la plupart des autres poissons. Aussi le régime actuel de gestion du saumon vise-t-il à conserver les stocks divers et multiples.

### Structure de gestion

Au Canada, le gouvernement fédéral a la responsabilité administrative et législative de gérer les stocks de saumon de l'Atlantique de tout le pays. Les provinces ont un droit de propriété leur permettant de contrôler l'accès

des pêcheurs sportifs à la ressource. Au Québec, la responsabilité administrative fédérale en matière de gestion du saumon a été déléguée à la province.

Le programme de gestion du saumon de l'Atlantique mis en oeuvre par le ministère des Pêches et des Océans (MPO) vise les principaux objectifs suivants :

- gérer (c'est-à-dire remettre en état, mettre en valeur et maintenir) la ressource de manière à ce que ses niveaux de production soient compatibles avec les capacités de l'habitat dans toute la zone où l'espèce évolue dans le Canada atlantique (soit le Nouveau-Brunswick, la Nouvelle-Écosse, l'Île-du-Prince-Édouard et Terre-Neuve);
- tirer des avantages sociaux économiques optimaux de la ressource, grâce à sa répartition équilibrée entre tous les groupes d'usagers autorisés;
- promouvoir une gestion de la ressource en collaboration avec tous les ordres de gouvernement et d'administration ainsi qu'avec le secteur privé;
- conserver et protéger le saumon de l'Atlantique dans tout le secteur de l'Atlantique nord-ouest où il est présent.

En 1990, suite à une décision de la Cour suprême du Canada dans l'affaire *R.V. Sparrow*, on a ajouté à cette liste un cinquième but : maintenir les droits indigènes des autochtones en matière de pêche du saumon pour leur subsistance ou à des fins sociales et de cérémonial. La cour a jugé que ces droits sont protégés par la Constitution et que, une fois les besoins de conservation comblés, les autochtones qui exercent ces droits ont priorité sur les autres usagers de la ressource.

Le processus de gestion du MPO est fondé sur des zones, où les stocks sont groupés par similarité et selon des secteurs géographiques appelés zones de pêche du saumon (ZPS). Les usagers peuvent contribuer aux décisions de gestion dans le cadre de réunions à l'échelle des ZPS. Les plans de pêche annuels propres à chaque ZPS sont ensuite examinés par le Conseil consultatif du saumon de l'Atlantique, un organisme composé de représentants des gouvernements et d'usagers de la ressource à l'échelle du Canada atlantique; ses avis sont transmis au ministre des Pêches.

Les principaux problèmes qui se posent aux gestionnaires de la pêche sont la répartition de la récolte entre les divers groupes d'usagers et la disponibilité des renseignements spécifiques aux stocks dont ils ont besoin pour fonder leur décision. C'est dans ce dernier domaine que le secteur des sciences joue un rôle crucial, en fixant le nombre cible de géniteurs et d'adultes qui reviennent dans les rivières ainsi que les régimes d'exploitation pour le plus grand nombre de stocks possible.

Le service et la recherche sont les deux principaux éléments du programme scientifique relatif au saumon. Le service consiste à fournir des avis biologiques et techniques récents aux gestionnaires des pêches et de l'habitat ainsi qu'au public. La recherche vise à améliorer les méthodes aboutissant à la formulation des avis et à accroître l'efficacité des mesures de mise en valeur de la ressource, qu'elles visent le poisson ou son habitat. L'exécution des activités de mise en valeur, pouvant comprendre l'empoisonnement en stock d'écloserie et l'installation ou l'amélioration de passes migratoires, est un autre rôle qui incombe aux scientifiques.

**La gestion des pêches :** Le but premier de la gestion des pêches est la conservation de chaque stock. En se fondant sur la stratégie de conservation mondiale produite en 1980 dans le cadre du Programme d'environnement des Nations-Unies, le MPO a défini ainsi la conservation des ressources halieutiques :

L'aspect de la gestion des ressources renouvelables qui fait en sorte que l'utilisation de cette ressource soit viable et qui protège les processus économiques et la diversité génétique pour le maintien de la ressource en question. La conservation permet de tirer les plus grands avantages durables possibles de la ressource et de faire en sorte que les installations soient situées et exploitées de façon à maintenir cette ressource.

Pour le Comité scientifique consultatif des pêches canadiennes de l'Atlantique (CSCPCA), cette définition signifie en pratique que la ponte d'oeufs de saumon de l'Atlantique doit être de 2,4 oeufs par mètre carré d'habitat fluvial, ce à quoi s'ajoute, à Terre-Neuve, 368 oeufs par hectare d'habitat lacustre. Ces niveaux de ponte sont considérés comme des cibles provisoires en attendant l'établissement de cibles convenant mieux à chaque rivière. On s'attend à ce que les cibles de ponte optimales, visant à maximiser le rendement, varient au sein des rivières et d'une rivière à une autre. Selon le CSCPCA, l'adoption de niveaux de ponte constamment inférieurs à ces niveaux-cibles (ou inférieurs aux niveaux plus spécifiques aux rivières que l'on compte établir à l'avenir) n'est pas sans risque pour l'intégrité et la survivance future des stocks.

La définition pratique de la conservation met en évidence trois domaines de recherche. Le premier est la quantification de la capacité de production de diverses rivières. Cette capacité de production est généralement fondée, comme la ponte-cible, sur le nombre de mètres carrés du lit de la rivière qui est capable de produire des saumoneaux. Dans la

région de Scotia-Fundy, la capacité et la ponte nécessaires sont pondérées en fonction de la qualité de l'habitat, définie selon la pente du cours d'eau. Le pH du cours d'eau revêt également une grande importance dans la capacité de production et dans la ponte de la majorité des rivières de la Nouvelle-Écosse continentale, où la production de saumon est influencée par un pH qui en certaines saisons est léthal. Plusieurs rivières de la province ne produisent plus de saumon en raison de leur faible pH, et dans la plupart des rivières de la côte atlantique de la péninsule néo-écossaise, la production de saumon a diminué.

L'établissement des caractéristiques biologiques des stocks nécessite également des recherches. La connaissance des caractéristiques biologiques est nécessaire pour convertir les besoins de ponte en nombre de géniteurs adultes, identifiés par âge et par sexe, nécessaires pour ensemençer les habitats fréquentés par les différents stocks. De plus, les régimes de récolte sont fonction des caractéristiques biologiques des stocks.

Enfin, la science a aussi son rôle à jouer en matière d'information sur la récolte disponible, notamment sur le nombre de poissons, par taille et par âge, qui peuvent être récoltés ainsi que sur l'endroit, le moment et la façon dont ils peuvent l'être. La récolte disponible, généralement définie comme le nombre de poissons adultes remontant la rivière en sus de ceux qui sont nécessaires à la conservation, représente la différence entre une prévision présaisonnière des remontées d'adultes et les besoins-cibles de géniteurs. Dans le cas de certains stocks, le manque d'information empêche les prévisions présaisonnières des remontées d'adultes, aussi considère-t-on que la récolte disponible correspond au taux d'exploitation actuel.

Le processus de formulation des avis souffre d'une lacune de renseignements et de capacités de prévision des stocks. Les définitions pratiques courantes de la conservation dans les habitats fluviaux (2,4 oeufs/m<sup>2</sup>) et les habitats lacustres de Terre-Neuve (368 oeufs/hectare) sont encore employées, même si l'on sait que les besoins actuels de conservation varient selon le stock, la rivière et le type d'habitat. Les modèles de prévisions présaisonnières sont peu nombreux et ceux qui existent ont généralement donné de mauvais résultats en ce qui a trait à la prévision des remontées d'adultes. Par ailleurs, on ne dispose pas d'informations détaillées spécifiques aux stocks de la plupart des rivières; aussi, les caractéristiques biologiques et l'état des stocks ne peuvent-ils habituellement être évalués que par rapport aux résultats d'un stock-repère voisin ou aux statistiques de récolte. Les prises sportives, à

propos desquelles on dispose de la plus vaste série de données à long terme, ne fournissent maintenant qu'une estimation générale de la force des stocks.

En dépit du problème que pose l'utilisation des rivières-repères et des prises sportives, les deux systèmes ont toutefois contribué à nous donner une certaine connaissance de l'état des stocks. Comme tous les stocks importants font l'objet d'une forme de récolte sportive, les statistiques des prises sportives semblent constituer le moyen le plus économique de surveiller le rendement de chacun des stocks à l'avenir. À condition, toutefois, que l'on puisse élaborer des modèles qui permettront d'estimer la force d'un stock d'après ces prises.

**La gestion de l'habitat :** La politique du MPO sur la gestion de l'habitat vise essentiellement à obtenir un «gain net» d'habitat. Ses objectifs sont la conservation, la mise en valeur et la restauration des habitats du poisson au moyen de mesures réglementaires et de recherches mises en oeuvre par le Ministère. Le principe de l'absence de «perte nette» en est un élément fondamental.

Le secteur scientifique est appelé à fournir des conseils et à effectuer des recherches à l'appui de ces objectifs. Dans le cas du saumon, son rôle consiste essentiellement à établir des lignes directrices régissant les aménagements susceptibles d'avoir des effets sur l'habitat d'eau douce, ou de nuire aux migrations dans les rivières. Par ailleurs, le saumon de l'Atlantique est le principal sujet visé par le programme d'étude et de surveillance des pluies acides dans la région de Scotia-Fundy.

La recherche visant à définir les caractéristiques de l'habitat du saumon ne fait actuellement pas partie de l'aspect scientifique du programme sur l'habitat. Or, il importe de définir clairement ce qu'est un bon habitat du saumon pour pouvoir guider les efforts engagés dans sa mise en valeur ou sa remise en état.

**La mise en valeur des stocks :** Le but visé ici est de produire davantage de saumon dans l'intérêt des particuliers et de la collectivité. On a en effet besoin de plus de saumon pour satisfaire aux besoins actuels et futurs de la pêche.

Les scientifiques sont responsables de l'exécution du programme de mise en valeur des stocks de saumon, dont les deux principales composantes sont l'approvisionnement des écloseries et l'aménagement de passes migratoires. Toutes les activités de mise en valeur sont intégrées au programme de gestion de la ressource.

Dans la région de Scotia-Fundy, au moins un quart du saumon adulte produit hors des

exploitations aquicoles vient de l'empoisonnement par des stocks d'écloserie. L'empoisonnement vise essentiellement à compenser les pertes de production dues aux pluies acides dans la plupart des rivières de la côte atlantique de la péninsule néo-écossaise, ou les pertes dues à l'aménagement de barrages hydro-électriques, comme ceux du Saint-Jean, au Nouveau-Brunswick. Plus récemment, des programmes d'empoisonnement ont été établis pour lancer des pêches sportives locales. On cherche maintenant à mettre en oeuvre des programmes similaires pour créer de nouvelles pêches de subsistance des autochtones.

Le maintien des stocks de saumon de la région de Scotia-Fundy dépend en grande partie du passage du poisson, soit par des passes migratoires, soit par des installations de capture et de transport; il existe cependant peu de possibilités de permettre à la ressource d'accéder à de nouveaux habitats par des passes migratoires. À cet égard, dans la région de Scotia-Fundy, seule l'installation de passes migratoires à Grand-Sault, sur le Saint-Jean, offre d'importantes possibilités d'accroissement des stocks, par plus de 10 000 saumons adultes. L'aménagement de cette installation, qui coûtera de un à deux millions de dollars est subordonné à une évaluation environnementale initiale ainsi qu'au financement provenant de groupes d'intérêt publics locaux ou aux pressions qu'ils exerceront pour l'obtenir.

**Consultation et participation :** Le MPO entend administrer le programme de gestion du saumon de l'Atlantique en collaboration avec les gouvernements provinciaux, les groupes d'utilisateurs et les autres intéressés. Les scientifiques passent de plus en plus de temps à consulter les groupes d'utilisateurs, à travailler en collaboration avec les associations de pêcheurs et, depuis récemment, à discuter et à travailler avec les communautés autochtones; cette collaboration s'exerce dans une vaste gamme d'activités, dont la mise en valeur des stocks, l'amélioration de l'habitat, l'évaluation des stocks, ainsi que l'information et l'éducation du public. Pour les aider dans cette entreprise, les associations de pêcheurs font appel à des volontaires et fournissent des fonds recueillis par elles-mêmes ou provenant de programmes gouvernementaux autres que ceux du MPO. Dans des domaines comme la mise en valeur des stocks et l'amélioration de l'habitat, les sommes d'argent engagées directement ou indirectement par les organismes de pêcheurs de saumon dépassent souvent celles qui proviennent du MPO. Ainsi, dans la région de Scotia-Fundy, le parrainage public de programmes de création d'emploi financés par la Commis

sion de l'Emploi et de l'Immigration du Canada permet de réparer et d'améliorer des installations gouvernementales comme les écloséries et les passes migratoires.

La participation de la communauté autochtone aux activités scientifiques du MPO en est encore à ses débuts, mais devrait augmenter considérablement, le MPO amorçant une nouvelle aire de cogestion de la ressource avec les bandes autochtones. Les scientifiques sont aussi appelés à fournir des avis biologiques et techniques sur les projets d'aquiculture envisagés par les communautés autochtones à des fins de développement économique.

L'accroissement des consultations et la participation grandissante des associations de pêcheurs et des communautés autochtones aux activités scientifiques se traduisent par l'exécution d'un programme de gestion du saumon plus complet et par une meilleure compréhension publique de la conservation du saumon. En même temps, cette sollicitation accrue occupe une bonne partie du temps des scientifiques, diminuant, de ce fait, celui qu'il peut consacrer aux recherches connexes.

### Orientations futures

Le programme de gestion du saumon du MPO nécessite un plus grand apport des scientifiques pour plusieurs raisons : le faible état constant d'un bon nombre de stocks; le désir accru des autochtones d'exercer leur droit d'accès à la ressource; des exigences plus strictes en matière d'évaluation environnementale des aménagements et le désir des groupes d'usagers d'être mieux informés et de participer davantage aux programmes, particulièrement à la mise en valeur des stocks, à l'amélioration des habitats et à la collecte de données biologiques. Il convient, en particulier, d'investir plus d'efforts dans les aspects suivants du programme scientifique dans la région de Scotia-Fundy :

- fourniture d'avis plus spécifiques aux stocks, cela pour un plus grand nombre de stocks, cette orientation s'inscrivant dans une gestion du saumon davantage axée sur chaque rivière, plutôt que sur les ZPS.
- adaptation de la définition pratique provisoire de la conservation dans les habitats fluviaux à des rivières ou grands affluents donnés, afin d'établir les capacités de production variables des divers

stocks, rivières et habitats;

- élaboration de modèles de prévisions présaisonniers et pluriannuelles pour accroître la souplesse et la fiabilité de la répartition des stocks entre les groupes d'usagers;
- élaboration et expansion des techniques de prévision en saison afin de pouvoir apporter des changements aux activités de pêche en cours de saison;
- modélisation des effets d'un faible pH sur la capacité de production, sur les besoins de conservation et sur la possibilité de mise en valeur des stocks dans les habitats du saumon, afin de cerner les diverses possibilités de gestion des stocks de saumon affectés par les précipitations acides en Nouvelle-Écosse;
- élaboration de modèles utilisant les statistiques de prises sportives comme indices de l'abondance des stocks, en vue d'utiliser de tels modèles pour évaluer l'état des stocks et prévoir l'ampleur des montaisons;
- élargissement des recherches en cours pour déterminer les causes des pertes subies en mer, au cours de cinq des six dernières années, par les stocks de saumon de quelque 20 rivières de l'arrière-baie de Fundy;
- accroissement des connaissances sur les caractéristiques des habitats du saumon et sur la technologie qui permettrait d'améliorer ou de remettre en état les habitats abîmés et de moindre qualité;
- conformément au Processus d'évaluation et d'examen environnemental, fourniture d'avis permettant d'évaluer un nombre croissant d'activités d'aménagement susceptibles d'avoir des effets sur les espèces de poisson dépendant de l'eau douce;
- création d'une nouvelle pêche de subsistance des autochtones par l'empoisonnement en saumons d'écloserie;
- accroissement de la production naturelle, lorsque cela est techniquement souhaitable et réalisable, par l'accès à de nouveaux lieux (p. ex., en amont de Grand-Sault sur le Saint-Jean) au moyen de passes migratoires installées aux endroits qui constituent des obstacles naturels ou artificiels à la migration;
- participation accrue des biologistes et des techniciens aux processus de consultation publique et à la surveillance ou à la direction

des projets de nature scientifique entrepris par les communautés autochtones et les associations de pêcheurs sportifs.

- intensification de la recherche sur le recrutement des stocks de saumon afin de mieux comprendre les effets de l'environnement et de la densité du saumon sur la croissance, la survie, la maturité selon l'âge et la ponte de ce dernier dans les différents habitats et stocks. C'est cet aspect du programme qui nécessite le plus d'attention.

Les activités de la Division des poissons d'eau douce et des poissons anadromes du MPO portent déjà sur certains des domaines susmentionnés. Toutefois, la mise en oeuvre de ce programme intensifié exigera d'étendre les études sur le terrain à de nouvelles rivières et à de nouveaux stocks, d'élargir la recherche fondamentale aux mécanismes qui influencent le recrutement du saumon, de mieux utiliser les renseignements dont on dispose actuellement et de collaborer davantage avec les autochtones et les pêcheurs sportifs. Comme toujours, les progrès dépendent des ressources que l'on peut investir dans le programme.

La contribution du secteur scientifique permettra au programme de gestion du saumon d'être davantage orienté sur les stocks, ce que souhaitent les usagers et qu'envisagent les biologistes, mais qui est actuellement limité dans la pratique. Le programme d'évaluation des stocks sera axé sur les expériences de modélisation qui permettront de recueillir des données nouvelles et de cerner de nouveaux besoins de recherche. Les années 90 promettent d'être intéressantes pour les biologistes qui étudient le saumon, parce que jamais auparavant les défis n'ont été mieux compris et les possibilités plus grandes.

**Note des auteurs :** Depuis la rédaction du présent article, le ministre fédéral des Pêches et des Océans, M. John Crosbie, a annoncé un moratoire de cinq ans sur la pêche commerciale du saumon dans l'île de Terre-Neuve, ainsi que le rachat volontaire des permis de pêche commerciale du saumon. Quoiqu'il s'agisse d'un important changement, les orientations scientifiques exposées ici demeurent conformes aux priorités régionales en matière de gestion du saumon de l'Atlantique.

# Répercussions des processus sédimentaires infralittoraux sur la mise en valeur des gisements d'hydrocarbures dans la mer de Beaufort

S. Solomon



S. Solomon

La mer de Beaufort au Canada, qui a été explorée pendant les deux dernières décennies, recèle des réserves prouvées de pétrole et de gaz. Cependant, la mise en valeur de ces réserves n'a pas encore été amorcée, à cause en partie d'un manque de connaissances des différents processus physiques qui ont cours dans cette région. Le Programme d'initiatives pétrolières et gazières dans le Nord (NOGAP) est un programme fédéral mis sur pied pour recueillir des informations aux fins de la réglementation de la mise en valeur des gisements d'hydrocarbures dans le Nord. De nombreux ministères y participent et les travaux portent sur des questions aussi diverses que les ressources archéologiques, les répercussions socio-économiques et les processus océanographiques. Le NOGAP porte principalement sur les propriétés physiques des matériaux et les processus océanographiques qui ont cours dans la zone littorale, en particulier dans les environs de l'île Richards, site d'arrivée possible d'un pipeline de pétrole et de gaz en provenance du champ Amauligak situé au large des côtes.

La région couvrant la zone infralittorale et la partie interne de la plate-forme continentale de la mer de Beaufort est un milieu particulièrement dynamique qui suscite donc des préoccupations en ce qui concerne la planification de la mise en valeur des hydrocarbures et de la mise en place d'un pipeline. Le caractère très variable et rapidement changeant de ces vastes régions océaniques peu profondes est largement attribuable à la présence sur le littoral de sédiments non consolidés à haute teneur en glace, à un important apport sédimentaire par

le fleuve Mackenzie et à la stabilité thermique du fond océanique.

Si un pipeline de 50 km était mis en place dans une tranchée draguée par des fonds allant de 30 m à nulle au littoral, cela suppose qu'il traverserait une vaste zone littorale mesurant jusqu'à 20 km de largeur sous une hauteur d'eau ne dépassant pas 6 m et même moins de 2 m dans la partie interne de la zone (d'environ 5 km de largeur).

La réalisation d'un tel projet soulève certaines questions portant sur le choix de la saison et de la méthode à utiliser pour creuser la tranchée dans le fond de l'océan ainsi que sur la stabilité du pipeline en présence de pergélisol peu profond, la rapidité de l'érosion littorale, la formation de flèches et de barres, la variabilité des propriétés géotechniques et l'importance des processus dus à la banquise. Pour mieux comprendre ces phénomènes, il faut analyser les propriétés et la répartition des sédiments ainsi que les effets des processus océanographiques. Lorsque les processus modernes seront élucidés, nous pourrions tenter d'expliquer les propriétés et la répartition actuels des sédiments récents et de faire des prévisions sur la façon dont

leur répartition future pourrait être affectée par des processus naturels ou des activités humaines.

Le présent article résume une série de programmes financés par le NOGAP et conçus pour traiter quelques-unes des questions présentées ci-dessus. Même si le programme de la Commission géologique du Canada (CGC) est mis en oeuvre par des scientifiques du Centre géoscientifique de l'Atlantique (CGA), dont les bureaux se trouvent à l'Institut d'océanographie de Bedford, et de la Division de la science des terrains à Ottawa, nous nous limiterons à décrire les travaux entrepris en 1991 par le CGA. Les résultats préliminaires seront évalués à la lumière des options de mise en valeur proposées.

## La zone à l'étude

**Géologie de surface et conditions thermiques :** La zone où le CGA a entrepris ses études est montrée à la figure 1. La géologie de surface de la zone continentale de North Head est composée d'un till discontinu reposant sur du sable des formations de Kittigazuit et de Kidluit (Rampton, 1988). Bien à l'intérieur de la zone de pergélisol

## Glossaire

**alluvionnement** Accumulation de sédiments vers le rivage plutôt que vers le large (voir «flèche littorale progressant vers le large»)

**course** Longueur de la zone, comptée dans la direction du vent où celui-ci lève les vagues.

**glace de sol** Particules de glace présentes dans le sol, formant parfois de grands amas de glace presque pure.

**soulèvement** Mouvement essentiellement horizontal vers le haut.

**mamelonné** Décrit une surface en buttes et creux.

**cimentation par la glace** Processus par lequel la glace cimente entre elles les particules sédimentaires.

**isobathe** Ligne d'égale profondeur par rapport à la surface de l'eau.

**lacustre** Relatif aux lacs.

**lentilles** Amas de forme lenticulaire au sein des sédiments.

**banquise** Grande étendue de glace libre, composée de morceaux de glace à la dérive.

**pergélisol** Sol gelé en permanence.

**flèche littorale en progression** Zone d'accumulation sédimentaire attachée à la côte

et progressant vers le large, dont une partie se trouve au-dessus de l'eau.

**lignes perpendiculaires à la côte** Lignes de levé tracées à angle droit par rapport au rivage.

**vagues de tempête** Vagues se traduisant par une élévation (effet positif) ou un abaissement (effet négatif) du niveau de la mer, causé par les vents qui poussent l'eau vers le rivage ou le large.

**thermokarst** Ensemble des formes liées à la fonte de la glace souterraine. Les formes typiques sont des monticules séparés par des dépressions, créant souvent de petits lacs et des marécages.

**dépôt de transgression** Sédiments déposés durant une période de d'élévation du niveau de la mer.

**falaises non consolidées** Falaises abruptes composées de sable et de silt libres.

**glace visible** Glace présente dans les sédiments et visible à l'oeil nu.

**coins** Amas de glace formé dans les sédiments, la partie la plus large se trouvant à la surface du sol et la pointe étant dirigée vers le bas.

**embardée** Mouvement de rotation dans le plan horizontal.



continu, la zone à l'étude présente de nombreux indices de processus thermiques actifs. L'épaisseur du pergélisol peut atteindre 700 m (Rampton, 1988). De la glace de sol (sous forme de glace de cimentation ou de glace visible) est contenue dans presque tous les sédiments (Rampton, 1988) et la glace massive se présente sous forme de lentilles et de coins. À certains endroits, la glace peut représenter jusqu'à 13% du volume des 8 m supérieurs du sol (Wolfe, 1989); les coins de glace peuvent mesurer jusqu'à 1 m de largeur et entre 5 et 8 m de profondeur.

La fonte de la glace massive crée un relief thermokarstique. Dans l'île Richards et la péninsule Tuktoyaktuk, la surface du sol est ponctuée de lacs thermokarstiques (encart de la figure 1 et figure 2). Les lacs s'agrandissent progressivement à mesure que leur bord produit en fondant des glissements régressifs dus au dégel. Des taliks (zones non gelées au sein du pergélisol) mesurant des dizaines de mètres d'épaisseur se forment sous les lacs par suite du dégel du pergélisol au-dessous de l'eau accumulée. Au voisinage des zones

thermokarstiques, le littoral est convoluté, attestant d'une hausse récente du niveau de la mer relatif d'où la formation de brèches et la submersion des lacs.

**Climatologie et processus littoraux :** Les vents de tempête dominants, les vagues de tempête et le transport des sédiments sont orientés à partir de l'ouest et du nord-ouest. Cependant, la capacité du vent à produire des vagues durant la saison libre de glace (quatre mois) est limitée par la présence de glace de mer au large. La surface de la mer est toujours couverte de glace à moins de 200 km de l'île Richards et, durant les années peu englacées (comme en 1991), la banquise est présente à moins de 20 km. La course du vent limitée par la glace ne produit que des vagues relativement petites (avec des hauteurs de moins de 4 m et des périodes de moins de 8 secondes), et la pente très faible de la zone infralittorale réduit encore plus les effets des vagues en atténuant leur énergie au-dessus du fond qui est mou.

Même si les vagues sont relativement faibles, l'érosion du littoral est rapide, soit de

2 m/an en moyenne pouvant atteindre 20 m/an (Forbes et Frobel, 1985). Cette érosion rapide est causée par l'instabilité thermique des falaises dont les sédiments non consolidés sont cimentés de glace. Le transport vers l'aval des sédiments érodés produit des flèches extravagantes et des plates-formes infralittorales submergées (par exemple, l'île Pullen, montrée à la figure 1).

Les niveaux de la mer sont davantage régis par les vagues de tempête que par les marées. L'amplitude de la marée est inférieure à 30 cm tandis que les laisses de marée indiquent que les vagues de tempête maximales atteignent jusqu'à 2,4 m au-dessus du niveau de la mer moyen (Harper *et al.*, 1988). Dans la région de l'île Richards, les vents du nord-ouest causent des vagues de tempête positives et les vents de l'est des vagues de tempête négatives. Une variation de 1 m du niveau de la mer au cours d'un intervalle de 12 heures n'est pas inhabituelle.

**Géologie extracôtière :** Dans la zone à l'étude, des argiles silteuses continuent de se déposer sur la plate-forme continentale interne

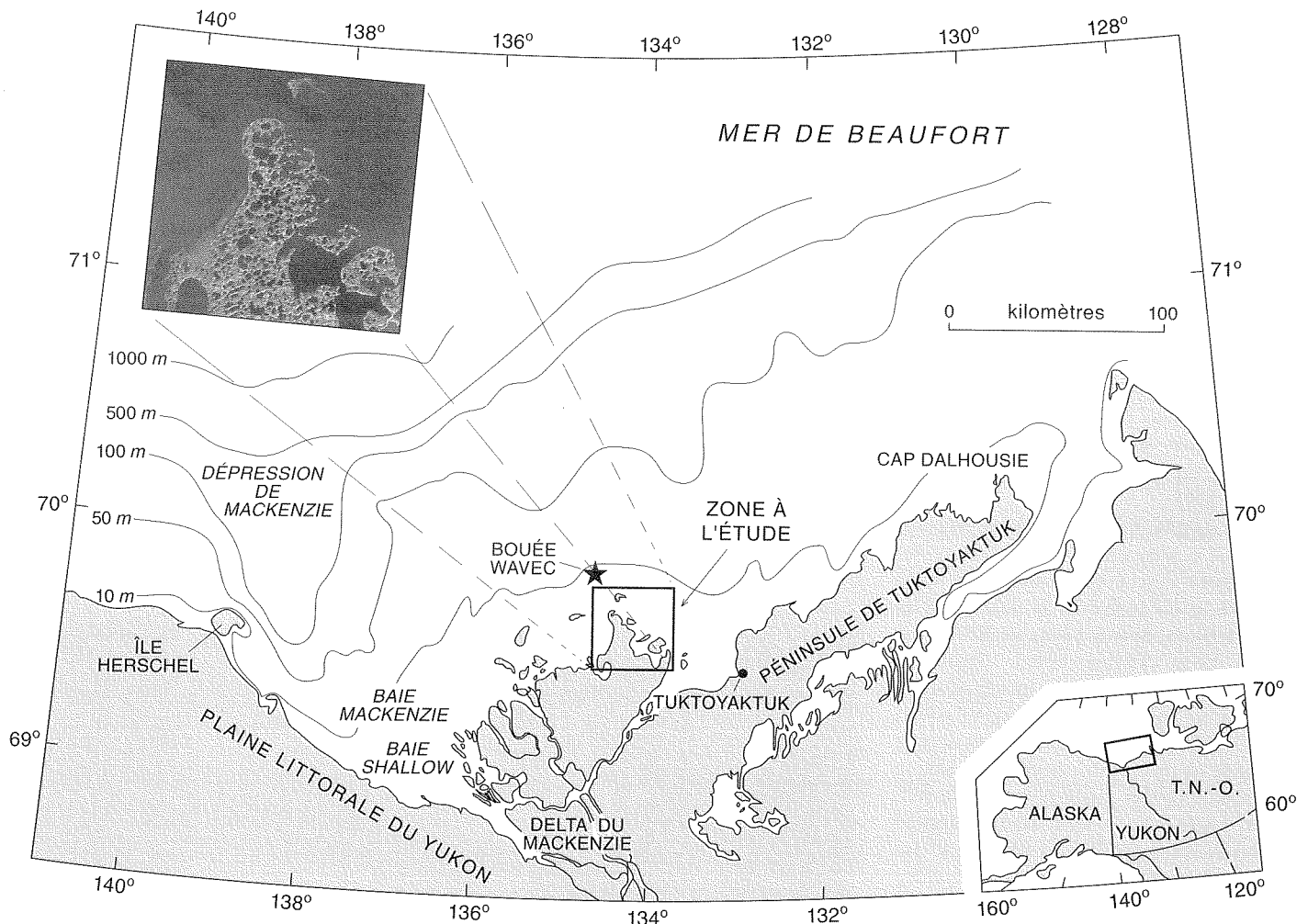


Figure 1. Zone d'étude du CGA. À noter la position de la bouée directionnelle Wavec utilisée pour la surveillance des vagues.

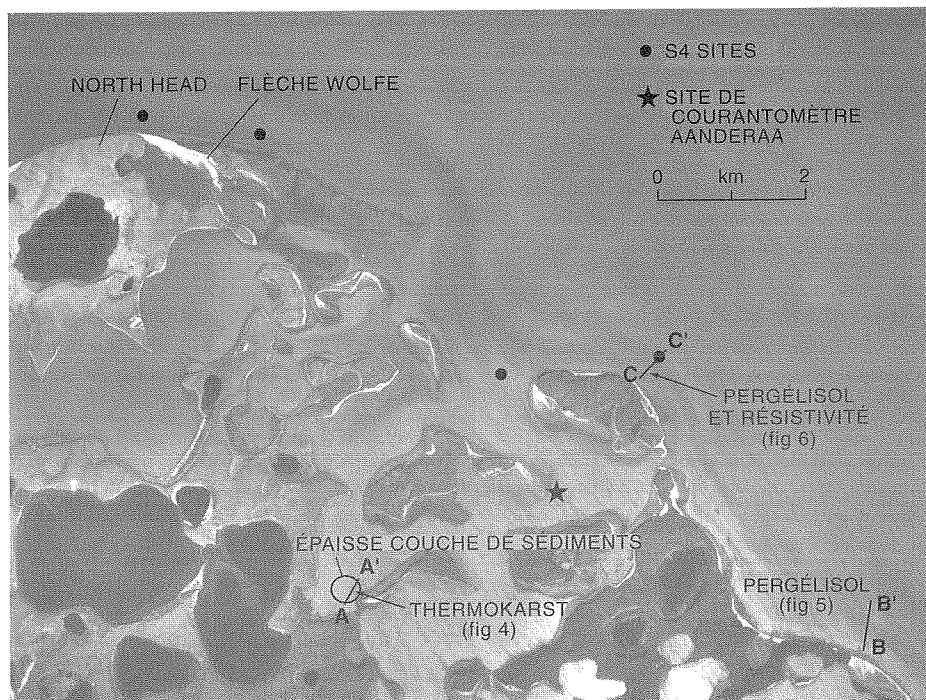


Figure 2. Photographie aérienne de la zone à l'étude montrant l'emplacement des courantomètres et houlographes S4, le courantomètre Aanderaa et les profils de levés géophysiques illustrés aux figures 4, 5 et 6. Les lacs thermokarstiques et les baies occupent la grande partie de la photographie. Une épaisse accumulation de sédiments est délimitée à l'intérieur de l'une de ces baies et représente le dépôt de sédiments transportés par le fleuve Mackenzie combinés à des sédiments lacustres.

par des fonds dépassant 5 m. Durant l'été, le fleuve Mackenzie transporte d'énormes quantités (entre 35 et 182 x 106 t/an (Hirst *et al.*, 1987) de sédiments en suspension jusqu'à son delta. En deçà de l'isobathe de 5 m, la texture des sédiments varie de boue à sable à grain moyen. Le sable boueux est le principal matériau sédimentaire présent dans l'eau entre 1,0 et 2,5 m de profondeur, comme l'atteste un récent échantillonnage au hasard effectué dans les baies et les zones voisines le long du littoral nord-est de l'île Richards (Hill et Frobel, 1991).

L'inondation des sédiments pergélisolés par la mer a pour effet de faire monter les températures moyennes annuelles du fond océanique et de provoquer le dégel graduel lorsque la profondeur de l'eau est supérieure à environ 1,5 m (Taylor, 1991). Dans ces conditions, le fond océanique est séparé de la glace sus-jacente par une couche d'eau isolante. Deux trous de sondage forés dans le voisinage d'une vaste flèche littorale à progradation récente s'allongeant vers le sud-est à partir de North Head (appelé communément flèche Wolfe) ont traversé des sédiments cimentés de glace à une profondeur de plus de 20 m (Dyke, dans Dallimore *et al.*, 1991). Un troisième trou de sondage foré en eau plus profonde (1,7 m) a traversé des

sédiments cimentés de glace à la faible profondeur de 1,5 m.

La vaste répartition du pergélisol et de la glace de sol sur le continent et ses repercussions sur la géomorphologie régionale indiquent que les conditions thermiques dans les zones littorales et infralittorales peuvent jouer un rôle important dans la répartition des sédiments et des propriétés géotechniques. À ce jour, les recherches faites dans ces zones se sont limitées à des études par trous de sondage menées par la CGC (Kurfurst, 1984, 1986,

1988; Hill *et al.*, 1986) et l'industrie. Pour fournir un cadre à ces études, il faut réaliser des levés géophysiques haute résolution, ce qui n'a pas été fait avant 1991 étant donné que la profondeur de l'eau n'est pas suffisante pour les navires habituellement utilisés pour les levés. Les programmes les plus récents du NOGAP ont été conçus pour régler ce problème en recourant à des technologies de pointe.

### Méthodes et résultats

Au cours de l'été de 1991, trois levés complémentaires ont été entrepris pour analyser les questions liées au NOGAP et énumérées précédemment. Pour réaliser le levé *Arktos-91*, levé géophysique haute résolution, on a utilisé un véhicule conçu au Canada pour les levés en eau très peu profonde (de 0 à 4 m). Le levé *Arktos* visait à recueillir des données sur la stratigraphie de surface de la zone littorale, en mettant l'accent sur la caractérisation de la transition continentale-océanique. *Nahidik-91*, levé acoustique haute résolution réalisé dans 3 à 9 m d'eau incluait également un vaste programme de vibro-carottage le long d'un certain nombre de lignes perpendiculaires à la côte. Ce levé visait à recueillir des données sur la stratigraphie infralittorale afin d'établir un cadre pour les études détaillées portant sur les trajectoires de pipeline et la stabilité littorale ainsi que des données sur le transport sédimentaire et la stratigraphie continentale-océanique. Dans le cadre du levé *Shorezone-91*, on a utilisé divers appareils de surveillance des courants, des vagues et des sédiments en suspension tout en appliquant les techniques de levé classiques. Sa mise en oeuvre visait à analyser l'érosion et le transport sédimentaire dans les zones littorales et infralittorales.

Les travaux en régions éloignées créent des complications inévitables et importantes de logistique. Par exemple, il a fallu, pour réaliser ces levés, transporter 15 000 kg

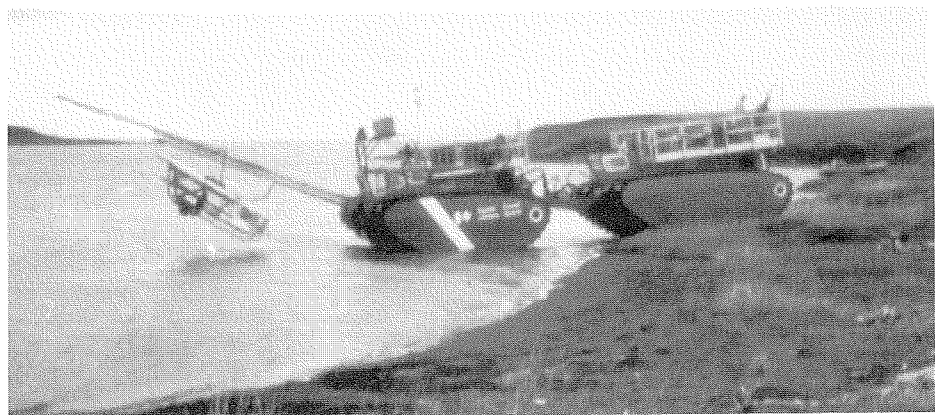


Figure 3. L'Arktos-91 après avoir été modifié par la Commission géologique du Canada pour réaliser des levés géophysiques haute résolution.

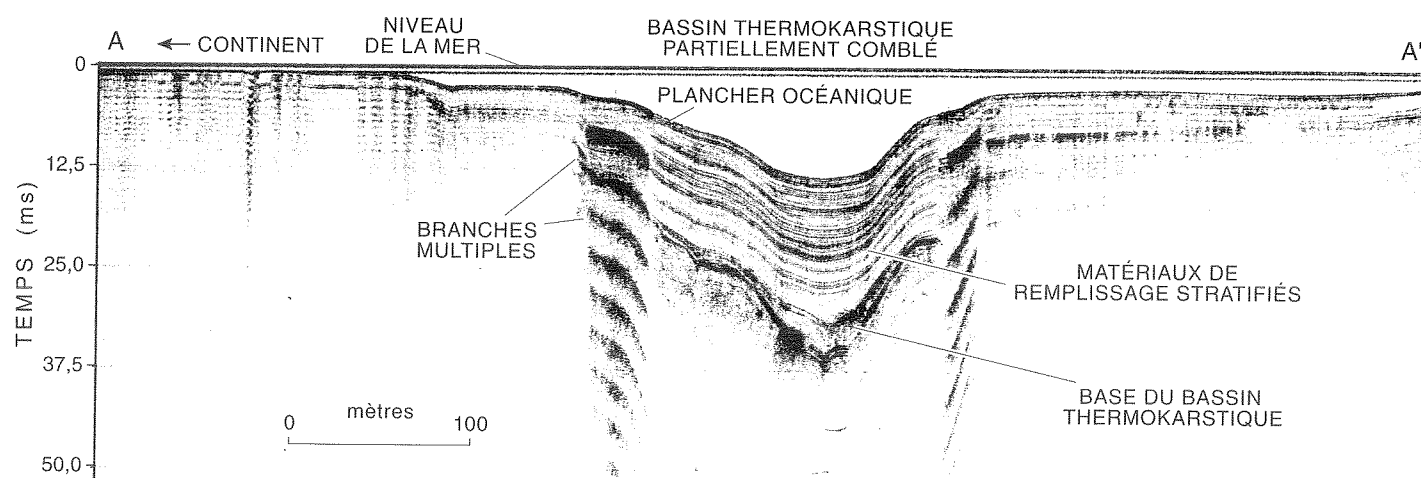


Figure 4. Profil acoustique (enregistré par le récepteur Seistec™) traversant une dépression d'environ 10 m de profondeur dans le plancher océanique. La dépression est partiellement remplie de sédiments stratifiés drapant une surface mamelonnée. En eau peu profonde et le long des bordures du bassin, le fond océanique est acoustiquement très dur et produit de nombreuses réflexions à branches multiples. La position, la taille et la forme du bassin indiquent qu'il s'agit d'une forme thermokarstique qui a été submergée par suite d'une élévation du niveau de la mer.

d'équipement et un personnel de 11 personnes jusqu'à la mer de Beaufort. Après avoir été mobilisées aux installations de l'Étude du plateau continental polaire à Tuktoyaktuk, ces ressources ont été déménagées à un camp situé sur l'île Richards où le personnel a vécu et travaillé pendant trois semaines. Les deux levés, *Arktos* et *Shorezone*, ont été réalisés à partir du même camp. Les ressources ont ensuite été mobilisées au Centre de recherche d'Inuvik à Inuvik et au quai de la Garde côtière dans le chenal Est pour la réalisation du levé *Nahidik*.

**Méthodes géophysiques :** L'*Arktos β* (fig. 3) est un véhicule amphibie qui a été conçu et fabriqué par la Watercraft Offshore Ltd. de Richmond (C.-B.) pour servir de véhicule de sauvetage dans l'Arctique. Ce véhicule est exploité par la Garde côtière canadienne qui en est aussi le propriétaire. Équipé de chenilles et d'hydrojets, il peut se déplacer autant dans les eaux envahies par la glace et sur la banquise que sur les hauts-fonds et sur terre. Alimenté au diesel standard, sa vitesse nominale est de 4 noeuds dans l'eau et de 20 noeuds sur terre. En 1990, des essais préliminaires en mer ont montré que l'*Arktos β* pouvait réaliser des levés acoustiques haute résolution dans les eaux peu profondes (Lewis, 1991). Les perfectionnements à apporter, basés sur les essais initiaux, ont été réalisés dans la cadre de la campagne de 1991 afin d'améliorer la sécurité et l'efficacité de l'*Arktos β* durant les levés. Les principaux changements apportés sont l'ajout de ponts et l'élévation du point de fixation de la flèche avant.

Les appareils acoustiques haute résolution ont ensuite été installés sur la flèche

avant. Il y avait une source acoustique Uniboom™, des récepteurs Seistec™ et de la Nova Scotia Research Foundation Corporation (NSRFC), d'un appareil de balayage latéral et d'un échosondeur. De plus, un système de sondage de la résistivité électrique a été fourni par le Centre de recherche et d'ingénierie pour l'exploitation des ressources en eaux glaciales. Le véhicule était équipé pour la navigation d'un récepteur du système de positionnement global qui était relié à un ordinateur portable.

Les levés ont été réalisés dans plusieurs baies et inlets abrités, situés à quelques heures du camp de l'île Richards. Les levés dans des eaux moins protégées ont été contrecarrés par des problèmes imprévus causés par la mise en place de l'équipement acoustique.

Le navire de la Garde côtière canadienne *Nahidik* est utilisé pour entretenir les aides à la navigation dans le fleuve Mackenzie et la grande partie de la mer de Beaufort. Un laboratoire et des modules de logement sur mesure peuvent être ajoutés au navire pour répondre à des besoins de nature scientifique. Dans le cas du levé *Nahidik-91*, l'équipement acoustique a été déployé au-dessus du côté du navire au moyen de flèches, de supports et de grues. Un vibrocarottier de 3 m a été déployé en utilisant une grue de 10 t sur le pont avant du navire. L'équipement acoustique utilisé pour ce levé a été le même que celui utilisé pour levé *Arktos*. Le système de levé de la résistivité était absent. Pour la navigation, on a eu recours à un récepteur du SPG.

Pour atteindre l'objectif visé par le levé *Nahidik*, on a recueilli des données acoustiques le long d'une série de lignes parallèles et perpendiculaires à la côte depuis la partie occidentale de l'île Pullen jusqu'à la pointe

Crumbling (fig. 1). Des transects de vibrocarottage ont été réalisés le long de cinq lignes orthogonales à la côte afin de confirmer les changements entre les zones infralittorale et extracôtière à des sites exposés à des vents et à des vagues variables.

**Résultats des levés géophysiques :** Les baies protégées le long de la côte est de North Head contiennent différents milieux selon les données acoustiques obtenues. Dans les lacs thermokarstiques inondés, les sédiments bien stratifiés recouvrant et épousant la topographie antérieure ont été trouvés (fig. 4). La pénétration des ondes acoustiques est excellente aux endroits où les échantillons prélevés à la surface indiquent un substrat boueux mou.

À l'autre extrême, dans certaines zones où la profondeur de l'eau ne dépasse 2 m, le fond océanique est acoustiquement très dur et ne peut pas être pénétré par les ondes; cependant, les échantillons pris au hasard indiquaient que ces sédiments sont composés de boue et de sable relativement mous. Par conséquent, l'absence de pénétration acoustique à ces endroits pourrait être attribuable à une cimentation par la glace des sédiments proches de la surface.

Enfin, dans les zones recouvertes de plus de 2 m d'eau, les enregistrements acoustiques révèlent une séquence de sédiments relativement transparents à irrégulièrement stratifiés sur une surface ondulée hautement réfléchissante. La couche au-dessus de la surface contient des réflecteurs discontinus qui sont tronqués par la surface sus-jacente. Cette stratigraphie acoustique est semblable à celle observée plus au large et le long de la côte de Tuktoyaktuk, où l'unité supérieure est interprétée comme étant un dépôt transgressif et l'unité inférieure

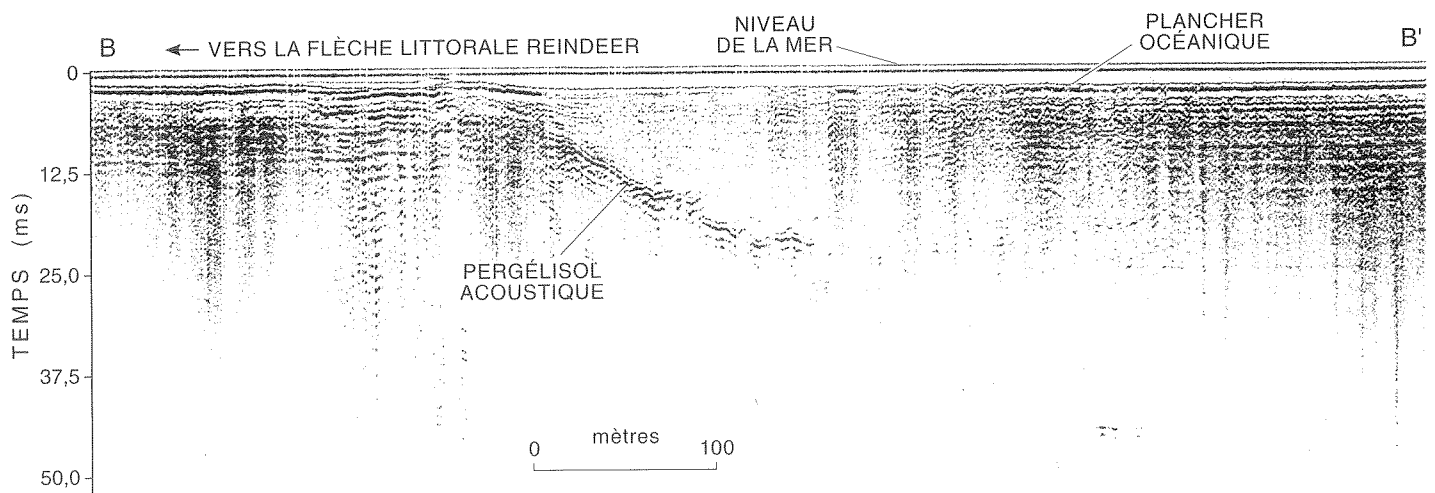


Figure 5. Profil acoustique (enregistré par un récepteur de la NSRFC) partant du large jusqu'à une flèche émergente. Le profil montre un réflecteur de pergélisol acoustique s'élevant vers la surface à travers la séquence sédimentaire. La profondeur de l'eau diminue d'environ 3 m à 1 m. Les gaz contenus dans le plancher masquent en partie la stratigraphie souterraine dans la zone située au large.

comme représentant un ancienne séquence recouverte d'une surface de discordance (Blasco *et al.*, 1990; Héquette et Hill, 1989).

En nombre d'endroits, un réflecteur discontinu à faible fréquence et haute amplitude a été provisoirement défini comme un pergélisol acoustique (PA).

L'interprétation est moins ambiguë là où le réflecteur PA s'élève vers la surface du fond océanique à mesure que l'on s'approche du continent (fig. 5). Même si l'on n'effectue habituellement pas de mesures de la résistivité électrique dans les milieux marins, elles se sont néanmoins avérées très utiles lorsque

conjuguées aux méthodes acoustiques classiques en corroborant les interprétations relatives aux sédiments gelés (fig. 6).

La résistivité des sédiments superficiels non gelés au large de la côte varie en général entre 0,5 et 5  $\Omega$ -m (ohm-mètres). Par contre, la résistivité du pergélisol continental «froid»

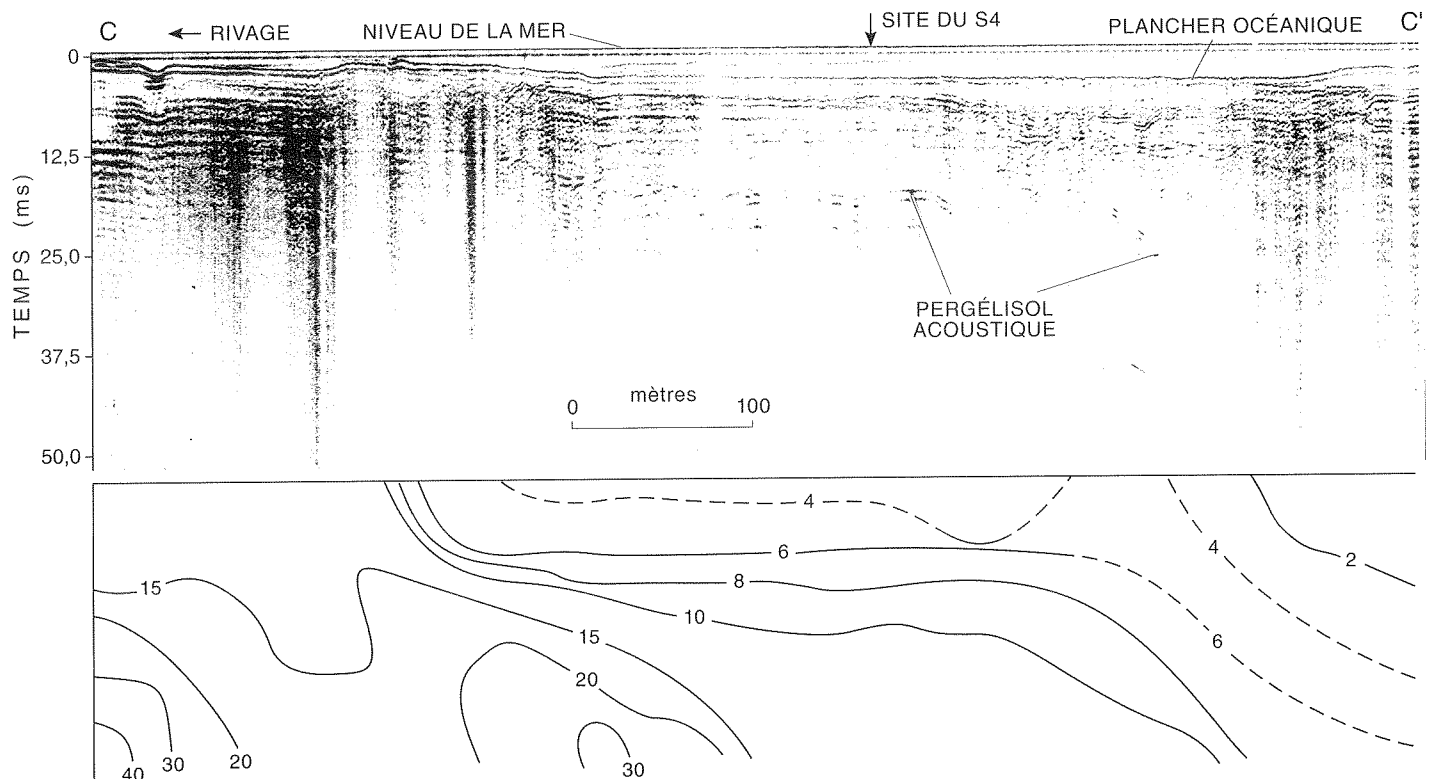


Figure 6. Profil acoustique (également enregistré avec un récepteur de la NSRFC et semblable à celui de la fig. 5) qui passe au-dessus d'un site de S4 pour se rendre jusqu'au rivage. Le FPA remonte ici aussi à travers la séquence, même si il n'est pas clair qu'il recoupe les lithologies. La profondeur de l'eau diminue de gauche à droite, passant d'environ 3,5 m à 1 m. Au-dessous du profil acoustique, les courbes de la résistivité sont indiquées en ohm-mètres (les profondeurs sont représentées en fonction de leur relation les unes par rapport aux autres). La résistivité électrique à la surface du plancher océanique augmente de façon spectaculaire, passant de moins 2  $\Omega$ -m à 15  $\Omega$ -m. En profondeur, la résistivité passe de 4  $\Omega$ -m à plus de 40  $\Omega$ -m sur l'intervalle dans lequel le RPA peut être observé.

varie de 1000 à plus de 5000  $\Omega$ -m. En établissant les profils des zones extracôtières non gelées vers le littoral (et dans un cas au-dessus du littoral), les mesures de la résistivité ont donné des valeurs intermédiaires étant donné que les réflecteurs du pergélisol acoustique se sont élevés à travers les sédiments. À plusieurs endroits, les sédiments à forte résistivité n'étaient pas associés à un pergélisol acoustique. Ces sites feront l'objet d'expériences de modélisation afin de tenter de déterminer la cause de cette forte résistivité. La présence d'une lithologie à résistivité relativement forte (c'est-à-dire du gravier) au sein ou sous une unité à faible résistivité pourrait être une explication plausible. La profondeur du matériau gelé dans la zone infralittorale dépend fortement de la profondeur de l'eau et de la période de temps qui s'est écoulée depuis que les conditions thermiques étaient favorables à l'expansion du pergélisol à cet endroit. À certains endroits, la profondeur du matériau gelé peut être en déséquilibre avec le régime thermique actuel imposé par la profondeur de l'eau sus-jacente, parce qu'il s'agit d'un vestige de l'ancienne topographie. En relevant la présence de ces vestiges et en les cartographiant, on pourra ainsi éviter des erreurs de calcul coûteuses lors de la conception des pipelines et de la planification des activités de dragage.

À l'extérieur des baies protégées, les littoraux à barre font place à des zones de plate-forme interne à pente très douce (d'environ 0,05 %). La pénétration acoustique est variable dans ces zones étant donné la présence de gaz à faible profondeur. Le gaz s'élève à travers les sédiments et, agissant comme un miroir acoustique, masque en réalité tout horizon stratigraphique réflecteur qui pourrait être présent en profondeur. Dans certains cas, le gaz pénètre dans l'interface entre les sédiments et l'eau et monte dans la colonne d'eau. Des trous marquent le plancher océanique à certains sites où des bulles de gaz ont été observées. Le gaz semble présent dans la colonne sédimentaire sous forme de poches ou de lentilles de sorte que des «fenêtres» intermittentes révèlent la structure acoustique qui est très semblable à celle observée sur le fond des baies abritées peu profondes. Le pergélisol acoustique existe dans certains des milieux les plus exposés, mais sa répartition n'a pas encore été cartographiée. Lorsque les données seront compilées, elles fourniront des informations cruciales sur la stabilité du plancher océanique pour la construction d'ouvrages et sur la capacité de dragage du plancher pour la mise en place d'un pipeline.

L'épaisseur de l'unité acoustique sommitale des sédiments varie de moins de 1 m à environ 15 m (en supposant une vitesse

acoustique de 1500 m/s). Il est intéressant de noter que l'ensemble sédimentaire le plus épais se trouve au sein des baies les plus petites qui sont situées dans les îles Reindeer (fig. 2). Ces accumulations sont peut-être le résultat d'un remplissage des baies par des sédiments lacustres avant qu'elles ne soient tronquées et inondées par suite d'une élévation du niveau de la mer. Par ailleurs, le remplissage pourrait être le résultat d'une sédimentation rapide par le panache du fleuve Mackenzie. La datation et l'analyse géochimique des sédiments pourraient offrir des réponses à ces questions.

**Levés dans la zone infralittorale :** Les questions relatives au transport sédimentaire et à l'océanographie littorale ont été traitées en mesurant les vagues et les courants, les concentrations de sédiments en suspension et les changements de profil des plages dans diverses zones abritées et non abritées (voir figure 2 pour les emplacements des courantomètres). Les ondes directionnelles ont été étudiées en collaboration avec le Service des données sur le milieu marin (SDMM) qui a fourni une bouée Wavec. Celle-ci a été installée dans 7 m d'eau à l'ouest de l'île Pullen (fig. 1). L'emplacement a été choisi pour offrir une exposition maximale aux tempêtes du nord-ouest et minimiser l'interaction avec la banquise.

Malheureusement, cette année-là, toute la zone à l'étude a été recouverte par la banquise et la bouée a été transportée par la glace sur plus de 30 km vers le sud-est après trois semaines environ d'acquisition de données. Un émetteur du satellite Argo a permis de

retracer la bouée qui a été récupérée par le navire de la Garde côtière *Nahidik*. Le projet initial prévoyait la mise en place de deux bouées, une de part et d'autre de l'île Pullen dans 10 m d'eau, mais les conditions glacielles et l'absence d'un émetteur Argos sur la deuxième bouée ont empêché de recueillir des données à partir de l'emplacement situé à l'est. Durant la durée de vie de la bouée ouest, on a recueilli et archivé des données sur le tangage, les mises à la cape et les embardées pendant 34 minutes de chaque heure.

Plus près de la côte, les courants et les vagues ont été mesurés en utilisant des courantomètres électromagnétiques S4, des courantomètres Aanderaa et des caméras vidéo à prise de vues lente (fig. 2). Ces mesures seront utilisées pour construire des modèles de vagues sur les vastes hauts-fonds boueux qui composent la grande partie de la zone littorale et infralittorale. Les concentrations de sédiments en suspension ont été mesurées au moyen de capteurs à rétrodiffusion optique (CRO) et, dans un cas, au moyen de pièges à sédiments. Les instruments S4 et CRO ont été montés sur des structures conçues sur mesure (fig. 7). Les principaux critères de conception étaient les suivants : pouvoir être installé et récupéré par canot pneumatique et être stable même en période de tempête.

**Résultats des levés dans la zone infralittorale :** Les mesures océanographiques littorales et infralittorales sont actuellement analysées et certaines informations sont déjà disponibles. Des données sur le vent horaire ont été recueillies par le Service de l'environnement atmosphérique (SEA) à l'île

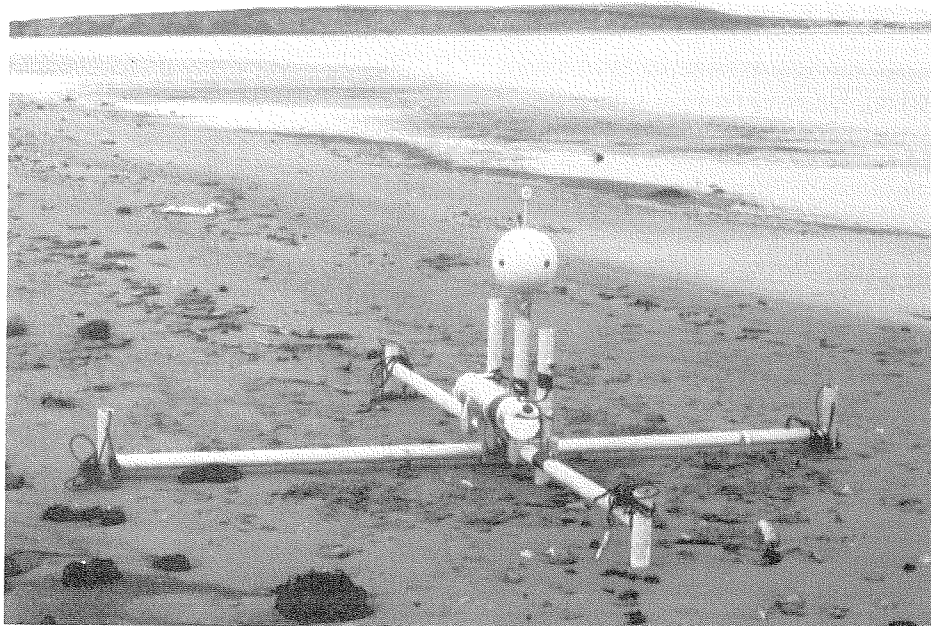


Figure 7. Le courantomètre S4 (une sphère de 25 cm) et des CRO montés sur la structure sont prêts à être utilisés. Des plombs sont abaissés aux quatre coins.

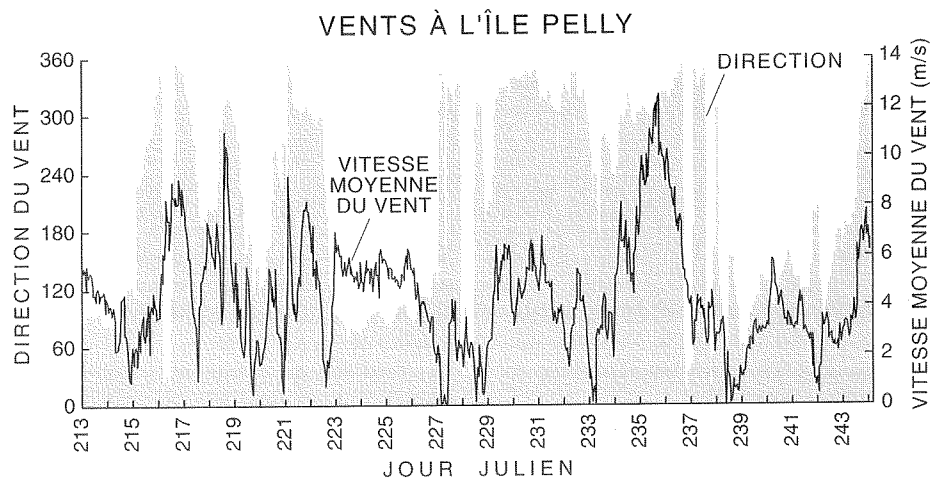


Figure 8. Données sur les vents recueillies par le SEA à l'île Pelly montrant la direction et la vitesse pour le mois d'août 1991 (jours juliens 213-243). À noter les événements de forte amplitude des jours 218 et 236 (5 et 23 août) et la période prolongée des vents soufflant du nord-ouest entre les jours 227 et 238 (du 14 au 25 août).

Pelly pendant toute la période de l'étude. En août, les vents dominants soufflaient du nord-ouest; les vents les plus forts provenaient de ce quadrant (fig. 8). Les vitesses moyenne et médiane du vent horaire étaient d'environ 4 m/s. Durant les plus grosses tempêtes, les rafales de vent pouvaient dépasser 12 m/s.

Les données directionnelles sur les vagues recueillies à l'île Pullen ont été enregistrées par ordinateur et vérifiées occasionnellement sur le terrain. Des vagues d'environ 1,5 m de hauteur maximale ont été enregistrées durant les vérifications de données sur le terrain du 4 août. La vitesse maximale du vent horaire a atteint environ 9 m/s. Plus près du rivage, les courants mesurés par les courantomètres S4 ont parfois dépassé la vitesse de 1 m/s. La hauteur des vagues était généralement peu élevée (moins de 1 m). Les enregistrements vidéo indiquent que la faible hauteur des vagues pourrait être due au fait que les instruments étaient situés dans la zone de déferlement des vagues durant les tempêtes. En effet, les vagues perdent une partie de leur énergie lorsqu'elles déferlent, ce qui a pour effet de diminuer leur hauteur lorsqu'elles se reforment. Les détecteurs à rétrodiffusion optique ont enregistré, à moins de 20 cm du plancher océanique, des concentrations de sédiments en suspension à moyenne temporelle pouvant atteindre jusqu'à 5 g/litre durant les tempêtes (fig. 9).

Les données sur la vitesse des courants recueillies dans un chenal situé à l'intérieur de l'une des baies révèlent la présence d'un fort signal de marée semi-diurne – résultat étonnant compte tenu de la très faible amplitude de la marée dans cette région. Les vagues de tempête superposées aux cycles de marée produisent dans les baies des courants

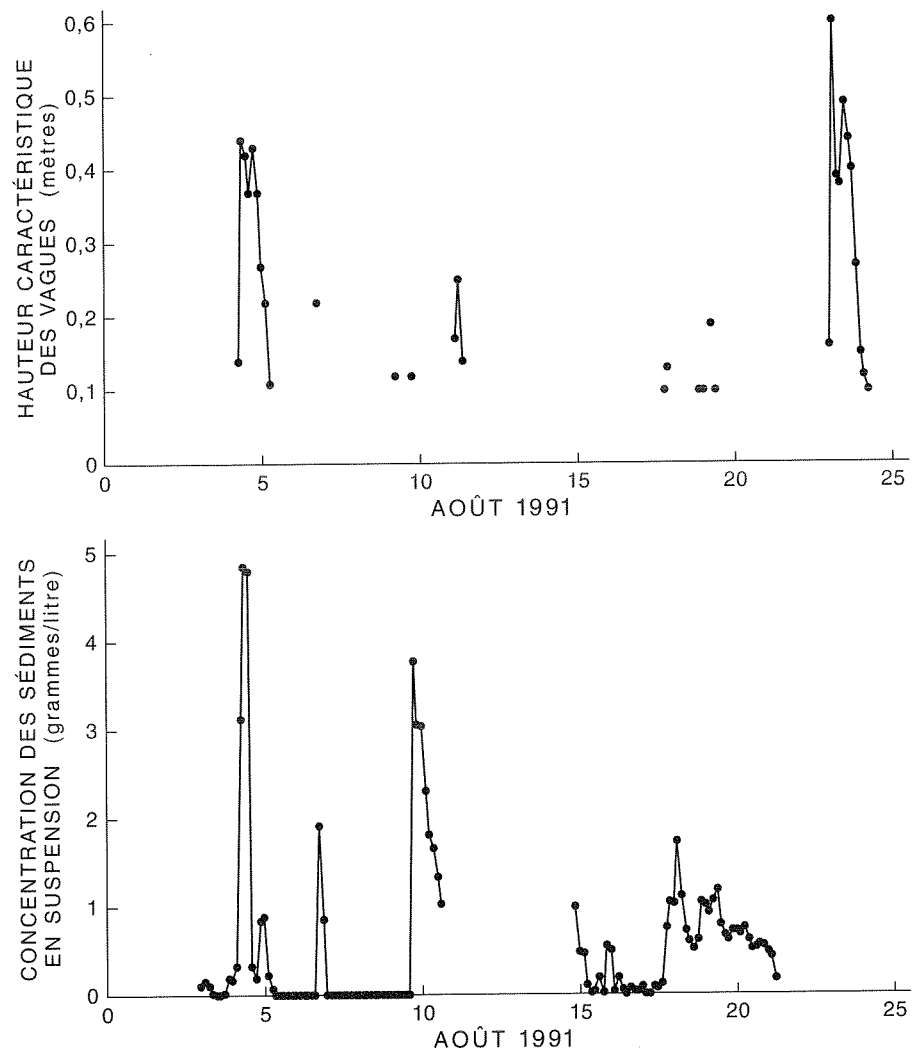


Figure 9. Hauteurs des vagues et concentrations des sédiments en suspension enregistrées par les CRO pendant le mois d'août 1991. Les données sur les vagues ne sont illustrées que dans les cas de hauteur de vague significative. Plusieurs événements houleux (par exemple, les 5, 7 et 18 août) sont accompagnés par des concentrations élevées de sédiments.

unidirectionnels de plus de 0,5 m/s. Les courants de cette force peuvent transporter des sédiments à grain fin (par exemple, voir Blatt, Middleton et Murray, 1992, p. 93), indiquant que les chenaux pérennes qui se trouvent dans ces baies sont probablement des conduits sédimentaires actifs. Ces mesures sont les premières de ce type faites dans les baies protégées de la région. L'avenir de ces chenaux et la formation de nouveaux à mesure qu'est modifié le régime océanographique par l'érosion littorale, soulèvent certaines questions concernant la construction et l'entretien de pipelines.

### Discussion et orientations futures

Les données recueillies dans le cadre des projets du NOGAP permettent de mieux évaluer l'importance des processus littoraux et infralittoraux dans certaines zones de la mer de Beaufort dont la mise en valeur est

actuellement à l'étude. Les données recueillies indiquent de façon quantitative que le transport sédimentaire est très actif et que des changements rapides peuvent se produire durant la durée de vie calculée d'un pipeline, même dans les baies relativement protégées. Les prochaines analyses de données porteront surtout sur la modélisation de la transformation des vagues en cas de déprofondissement et sur les changements de la morphologie littorale dus à l'érosion. Ces informations pourront ensuite être utilisées par les organismes de réglementation appropriés pour évaluer les anciennes et nouvelles propositions de mise en valeur. Ces informations permettront également d'étudier la répartition spatiale des matériaux dans un milieu transgressif moderne de bordure de delta dominé par les glaces ainsi que la morphologie et la stratigraphie de ce dernier, et de s'en servir pour reconstituer la formation des anciens dépôts.

La répartition des matériaux cimentés par la glace dans la zone infralittorale constituera un facteur important de la détermination des méthodes et des coûts de mise en valeur. Pour la première fois, des levés géophysiques ont été réalisés dans une vaste région d'eau peu profonde autour des sites possibles de mise en valeur. Ces données permettent de cartographier le pergélisol défini acoustiquement et la continuité des unités acoustiques où l'on prévoit des variations considérables. Pour être en mesure d'évaluer les paramètres de conception technique, des carottes devront être prélevées dans des milieux sédimentaires et thermiques représentatifs afin de vérifier

l'interprétation géophysique et d'obtenir des informations quantitatives sur les propriétés physiques. Ces données seront recueillies au cours de la prochaine année et intégrées dans le rapport final du NOGAP.

### Bibliographie

- Blasco, S. M., G. Fortin, P. R. Hill, M. J. O'Connor, and J. Brigham-Grette. 1990. The late Neogene and Quaternary stratigraphy of the Canadian Beaufort continental shelf. In: A. Grantz, L. Johnson, and J. F. Sweeney (eds.), *The Arctic Ocean Region (Geology of North America, v. L)*. Geological Society of America, Boulder, CO:491-502.
- Blatt, H., G. Middleton, and R. Murray. 1972. *Origin of sedimentary rocks*. Prentice-Hall, Englewood, NJ:634 p.
- Dallimore, S., L. Dyke, P. Kurfurst, K. Jenner, D. Gillespie, S. Blasco, and P. Hill. 1991. Geological, geotechnical, and geophysical studies along the onshore-offshore transect of the Beaufort Shelf. Geological Survey of Canada Open File Report N° 2408:264 p.
- Forbes, D. L., and D. Frobel. 1985. Coastal erosion and sedimentation in the Canadian Beaufort Sea. In: *Current Research, Part B*, Geological Survey of Canada, paper 85-1B:69-80.
- Harper, J. R., R. F. Henry, and G. G. Stewart. 1988. Maximum storm surge elevations in the Tuktoyaktuk region of the Canadian Beaufort Sea. *Arctic* 41:48-52.
- Héquette, A., and P. R. Hill. 1989. Late Quaternary seismic stratigraphy of the inner shelf seaward of the Tuktoyaktuk Peninsula. *Can. J. Earth Sci.* 26:1990-2002.
- Hill, P. R., and D. Frobel. 1991. Documentation of Summer NOGAP Activities, July 22-Aug. 25, 1990. Geological Survey of Canada Open File Report N° 2451:84 p.
- Hill, P. R., K. Moran, P. Kurfurst, and S. Pullen. 1986. Geotechnical, geophysical, and sedimentological properties of seabottom sediments near Richards Island, southern Beaufort Sea. 3rd Canadian Marine Geotechnical Workshop, St. John's, Nfld.:301-327.
- Hirst, S. M., M. Miles, S. P. Blachut, L. A. Goulet, and R. E. Taylor. 1987. Quantitative synthesis of the Mackenzie Delta ecosystems. Unpublished contract report prepared for the Inland Waters Directorate, Environment Canada. Contract N° 62SS Kn107-5-4370 (UP-B-477).
- Kurfurst, P. J. 1984. Geotechnical investigations in the southern Beaufort Sea, Spring 1984. Geological Survey of Canada Open File Report N° 1078.
- Kurfurst, P. J. 1986. Geotechnical investigations of the nearshore zone, North Head, Richards Island, NWT. Geological Survey of Canada Open File Report N° 1376:82 p.
- Kurfurst, P. J. 1988. Geotechnical investigations of northern Richards Island, NWT, Spring 1987. Geological Survey of Canada Open File Report N° 1707:137 p.
- Lewis, J. 1991. Operations report on *Arktos beta* amphibious vehicle high resolution geophysical survey test trials, August 1990, Tuktoyaktuk, NWT. Unpublished contract report prepared for the Geological Survey of Canada. Contract N° 23420-0-M088/01-OSC:103 p.
- Rampton, V. N. 1988. Quaternary geology of the Tuktoyaktuk coastlands, NWT. Geological Survey of Canada, Memoir 423:98 p.
- Taylor, A. E. 1991. Marine transgression, shoreline emergence: evidence in seabed and terrestrial ground temperatures of changing relative sealevel, Arctic Canada. *J. Geophys. Res.* 96, B4:6893-6909.
- Wolfe, S. A. 1989. Investigation of nearshore conditions across an aggrading coastal shoreline in permafrost, Richards Island, NWT. Unpublished M.Sc. thesis, Queen's University, Kingston, Ont.:188 p.

# L'effet du mouvement de l'eau sur la sestonophagie chez les mollusques

D. J. Wildish



D. J. Wildish

Parmi les mollusques suspensivores (ou sestonophages), on trouve des espèces bien connues et commercialement importantes comme le pétoncle géant, la moule bleue et la mye. Tous ces mollusques se nourrissent en captant des particules microscopiques, ou seston, présentes dans l'eau de mer en faibles quantités. Le seston peut se composer de sédiments remis en suspension, de débris, de bactéries, de microalgues et de petits zooplanctons. Nous ne connaissons pas encore parfaitement le mécanisme ciliaire précis par lequel le seston est prélevé dans l'eau de mer par les mollusques, mais nous savons qu'il fait appel à un pompage ciliaire actif et au captage du seston sur les branchies, opération suivie par le rejet de l'eau de mer filtrée.

Étant donné la nature hétérogène de l'alimentation des mollusques suspensivores, il est difficile de mettre au point un seul indicateur biochimique de la qualité du seston. Pourtant, la qualité et la quantité du seston ingéré déterminent dans quelle mesure un mollusque, comme le pétoncle géant, peut maintenir sa condition biologique et se développer. Des mesures comme celles de la quantité de chlorophylle *a* et des densités de cellules des microalgues dominantes (fig. 1) ne donnent pas une très bonne indication du potentiel naturel de croissance du pétoncle géant (fig. 2). La croissance représentée par les augmentations de la taille de la coquille et du poids frais total chez les pétoncles juvéniles présente la corrélation la meilleure avec la température, tandis que chez l'adulte cette relation n'est pas apparente, ce qui est dû à la perte de potentiel de croissance associée à la ponte.

L'agitation de l'eau qui affecte la

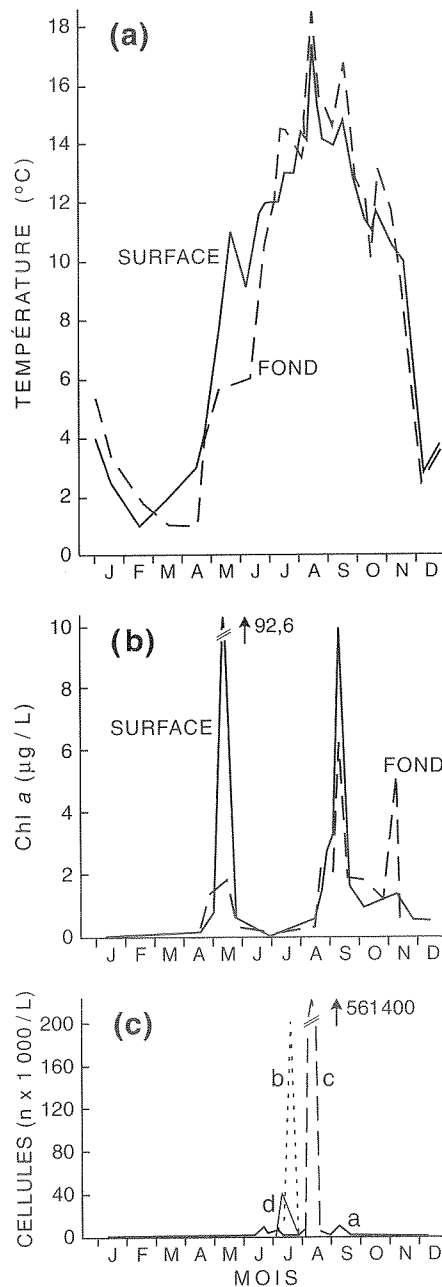


Figure 1. Mesures réalisées en 1989 près de la Station de biologie de St. Andrews : le graphique du haut indique la température de l'eau de mer; celui du milieu montre la concentration de chlorophylle *a* en µg/litre; enfin, le graphique du bas montre la densité des microalgues en nombre de cellules/litre. Les microalgues représentées ici sont : a) *Mesodinium rubrum*; b) *Leptocylindrus minimus*; c) *Nitzschia pseudodelicatissima* et d) *Nitzschia closterium*.

sestonophagie chez les mollusques est causée par trois grandes forces physiques : la circulation maréale, divers types de circulation non maréale (par exemple, les courants de réaction), et enfin la tension du vent à la surface de l'eau. En ce qui concerne un mollusque qui se nourrit, deux caractéristiques du mouvement de l'eau de mer sont importantes : la direction et la vitesse près de l'ouverture inhalante. Kirby-Smith (1972) a été la première à montrer que l'alimentation chez des pétoncles de baie pris individuellement était inhibée par une augmentation de la vitesse; ce travail a suscité les études de l'écoulement fondées sur le paradigme physiologique. Wildish (1977) et Wildish et Kristmanson (1979) ont lancé des travaux concernant l'effet de la vitesse sur la croissance démographique – le paradigme écologique – chez les mollusques sestonophages.

## Le paradigme physiologique

L'inhibition du filtrage et/ou de l'alimentation que Kirby-Smith (1972) avait observée chez le pétoncle de baie lorsque la vitesse de l'eau était élevée a été confirmée chez d'autres espèces comme le pétoncle géant (Wildish *et al.*, 1987) et la moule bleue (Wildish et Miyares, 1990).

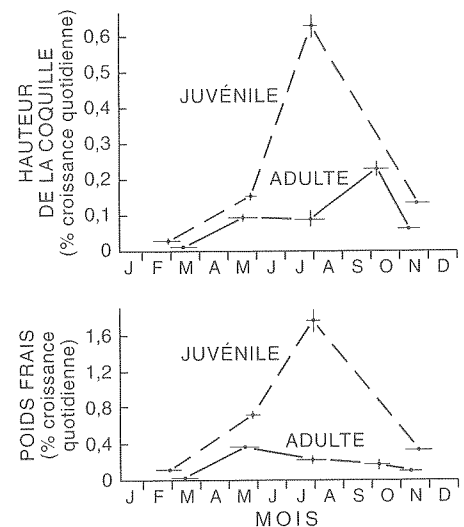


Figure 2. Taux quotidiens de croissance moyenne représentés en accroissements de la hauteur de la coquille (graphe supérieur) et accroissements du poids frais (graphe inférieur). Les barres horizontales indiquent la période de croissance, et les barres verticales la fourchette de croissance.



Ces résultats peuvent être généralisés, comme le montre la figure 3. En a1, les vitesses très faibles aux alentours du mollusque peuvent causer un appauvrissement localisé, ce qui limite l'alimentation puisque la pompe du bivalve traite de l'eau de mer partiellement appauvrie. En b1, toutefois, l'alimentation n'est pas affectée par la vitesse. En c1, la vitesse a un effet inverse marqué d'inhibition de l'alimentation et de la croissance.

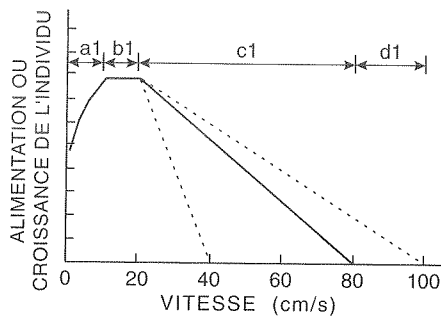


Figure 3. Effet de la vitesse sur l'alimentation ou le taux de croissance de mollusques pris individuellement. Les lignes hachurées indiquent la fourchette d'effets qui sont dépendants de la concentration de seston.

On a récemment montré que la concentration de seston elle-même influe sur la réaction du pétoncle géant à une augmentation de la vitesse du courant (Wildish *et al.*, 1992). Il existe donc une concentration optimale de seston qui permet d'obtenir le taux maximal d'alimentation en b1, et la pente de la courbe en c1 dépend de la concentration de seston. Si cette concentration est faible, la vitesse de l'eau à laquelle le pétoncle géant cesse de s'alimenter sera inférieure à ce qu'elle est si la concentration de seston est élevée. Les vitesses élevées de d1 sont considérées comme dépassant la limite à laquelle le mollusque peut continuer à s'alimenter.

L'effet de la vitesse de l'eau sur l'alimentation est tellement important, si l'on veut essayer d'expliquer le mécanisme de pompage ciliaire chez les mollusques suspensivores, que les hypothèses envisagées pour expliquer l'inhibition de l'alimentation par la vitesse présentent un intérêt particulier. Les hypothèses les plus vraisemblables (Wildish *et al.*, 1987) sont que les mollusques ferment simplement leurs valves, réduisant ainsi le volume palléal et l'efficacité du pompage (Jørgensen, 1990), ou que le courant inhalant court-circuite le filtre ciliaire des branchies, de sorte que le seston est rejeté sans avoir été filtré (Famme et Kofoed, 1983). Des observations récentes semblent indiquer que l'inhibition de l'alimentation est due avant tout

à la fermeture des valves, régie par la vitesse; ces observations ont été faites dans un nouveau laboratoire de simulation installé à la Station de biologie de St. Andrews, avec une caméra vidéo orientée sur les orifices inhalant et exhalant des pétoncles pendant les expériences en bassin. Ce type d'indication n'élimine toutefois pas la possibilité qu'il se produise aussi un courant de dérivation.

De nombreux mollusques présentent une symétrie bilatérale, et une partie de leur activité locomotrice sert à les orienter de façon que leur siphon inhalant soit face aux principaux courants de marée. Les pétoncles géants, si on les force à orienter leur orifice exhalant dans le sens de l'axe du flux (ce qu'on réalise en les collant au fond du bassin), grandissent plus lentement que ceux qui sont collés avec l'orifice inhalant face au flux (Wildish et Saulnier, 1992). Ces résultats, et d'autres résultats similaires, démontrent l'importance de la direction de l'eau dans l'alimentation des mollusques.

### Le paradigme écologique

Les données d'observation recueillies sur le terrain dans la baie de Fundy montrent qu'une population de mollusques suspensivores – comme les modioles – augmente de façon logarithmique en fonction directe de la vitesse moyenne du courant dans la colonne d'eau (Wildish et Peer, 1983). Étant donné les problèmes méthodologiques que pose la mesure des vitesses dans la couche limite benthique (CLB), les données disponibles ne permettent pas de comparer directement ces résultats de terrain avec ceux des expériences en bassin mentionnées ci-dessus. Toutefois, la diminution de la vitesse dans la CLB étant logarithmique, le débit mesuré près de l'orifice inhalant des modioles est probablement

similaire aux vitesses inhibitrices mesurées en laboratoire.

La figure 4 est une représentation théorique de l'effet de la vitesse sur la croissance d'une population dans un gisement de moules. Le gisement présente un alignement particulier, qui suit l'axe principal du courant, et se compose de moules dont la densité et la fourchette de tailles sont particulières et qui se nourrissent à un taux donné. Dans le modèle le plus ancien (Wildish et Kristmanson, 1979), on tenait compte de la turbulence dans la CLB en estimant les taux de flux du seston (concentration de seston multipliée par la vitesse) et la quantité de seston consommée ( $C_0 - C_1$ ) par la population. L'effet d'appauvrissement du seston en aval était considéré comme un facteur limitant la croissance du gisement de moules et son extension spatiale. Les études ont confirmé l'existence de ces effets dans de petites populations de laboratoire (Wildish et Kristmanson, 1984, 1985). Dans le paradigme écologique, on peut ajuster la densité par des augmentations (par l'immigration et la fixation de naissain) ou des diminutions (par la compétition et la mortalité) selon les taux de flux du seston dans cette zone particulière. Si la concentration de seston est suffisamment élevée, les moules qui souffrent de l'inhibition due à la vitesse peuvent se développer à un rythme égal ou supérieur à celles qui se nourrissent dans des conditions optimales mais où la concentration de seston est plus faible.

Récemment, des modèles écologiques plus réalistes ont considéré la possibilité d'apports de seston par advection/diffusion (fig. 4) au gisement de moules (Fréchette *et al.*, 1989). Fréchette et Grant (1991) ont tenté de déterminer si la remise en suspension était un facteur important dans la croissance

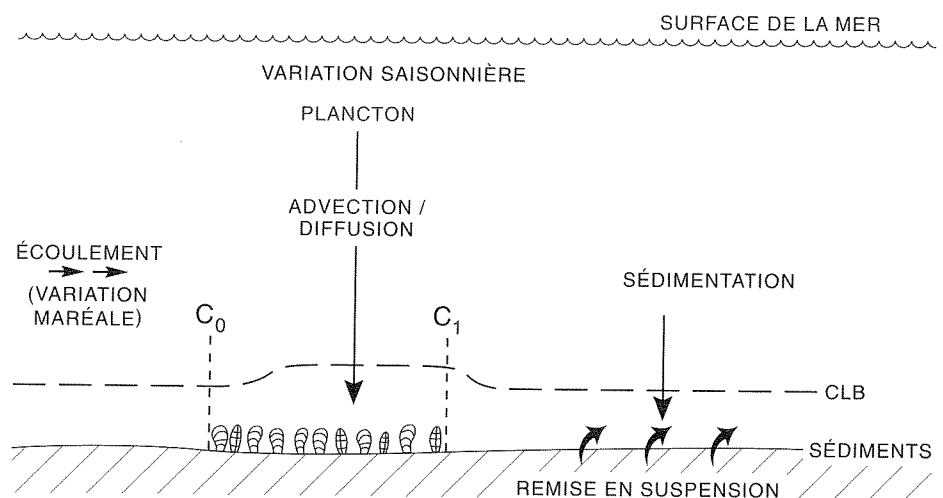


Figure 4. Vue théorique de l'effet de la vitesse de l'eau et de la concentration de seston ( $C_0$  = initiale,  $C_1$  = finale) sur la croissance d'une population de mollusques suspensivores.

démographique d'un gisement intertidal de moules bleues. Dans la localité étudiée, ils ont trouvé que la remise en suspension ne contribuait pas aux ressources trophiques des moules.

### Conclusions

Le régime d'écoulement de l'eau de mer affecte de nombreux niveaux d'organisation biologique et, en particulier, la façon dont se nourrissent certaines espèces de mollusques. Bien que nos connaissances de la sestonophagie chez les mollusques restent incomplètes, les résultats de la recherche sur ce sujet auraient de nombreuses applications pratiques, par exemple le choix de sites pour la mytiliculture et la pectiniculture. Il est évident que des extrapolations faites à partir du paradigme physiologique ne donneront pas de prédictions fiables sur l'aptitude d'un site à soutenir un niveau particulier de production de mollusques. En ce qui concerne les modèles écologiques, qui conviennent mieux au but recherché, il est nécessaire de poursuivre les travaux pour déterminer quelle est la réaction de développement des individus lorsque la densité et le flux de seston varient. Il est aussi nécessaire de posséder des mesures, réalisées sur le terrain par des physiciens océanographes, de la vitesse dans la CLB près des gisements de mollusques pour déterminer si les résultats obtenus sur le terrain et en laboratoire concordent.

La filtration par les mollusques suspensivores est une des façons dont les toxines des

eaux rouges produites par les microalgues pénètrent dans la chaîne alimentaire. L'un des objectifs actuels de la recherche consiste à déterminer si les microalgues toxiques inhibent l'alimentation chez les mollusques. Certains chercheurs soutiennent que les ectocrines produites par des microalgues peuvent avoir cet effet, mais la question reste controversée. Pour démontrer que la concentration de seston influe sur le taux de filtrage et d'alimentation des mollusques, il faut que cette concentration soit maintenue constante pendant les bioessais sur l'alimentation des mollusques. Les essais menés à l'heure actuelle provoquent un appauvrissement du seston, et nous ne disposons pas encore de la technologie nécessaire pour maintenir à un niveau constant la concentration de seston.

### Bibliographie

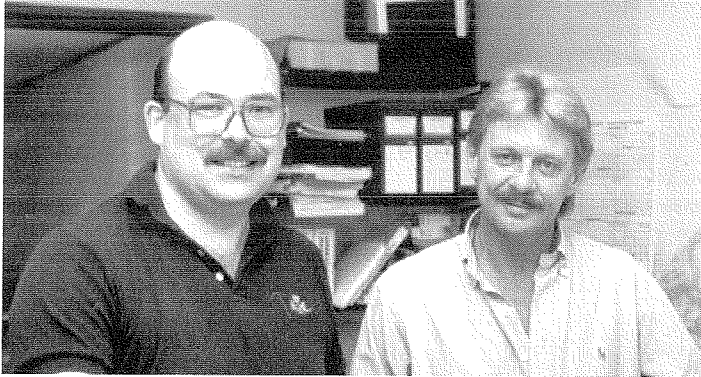
- Famme, P., and L. H. Kofoed. 1983. Shunt water flow through the mantle cavity in *Mytilus edulis* (L.) and its influence on particle retention. *Mar. Biol. Lett.* 4:207-218.
- Frechette, M., C. A. Butman, and W. R. Geyer. 1989. The importance of boundary-layer flows in supplying phytoplankton to the benthic suspension feeder, *Mytilus edulis* L. *Limnol. Oceanogr.* 34:19-36.
- Frechette, M., and J. Grant. 1991. An *in situ* estimation of the effect of wind-driven resuspension on the growth of the mussel *Mytilus edulis* L. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 148:201-214.
- Jørgensen, C. B. 1990. Bivalve filter feeding: Hydrodynamics, bioenergetics, physiology and

ecology. Olsen and Olsen, Fredensborg, Denmark:140 p.

- Kirby-Smith, W. W. 1972. Growth of the bay scallop: The influence of experimental water currents. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 8:7-18.
- Wildish, D. J. 1977. Factors controlling marine and estuarine sublittoral macrofauna. *Helg. wiss. Meeresunters.* 30:445-454.
- Wildish, D. J., and D. D. Kristmanson. 1979. Tidal energy and sublittoral macrobenthic animals in estuaries. *J. Fish. Res. Board Can.* 36:1197-1206.
- Wildish, D. J., and D. D. Kristmanson. 1984. Importance to mussels of the benthic boundary layer. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41:1618-1625.
- Wildish, D. J., and D. D. Kristmanson. 1985. Control of suspension-feeding bivalve production by current speed. *Helg. wiss. Meeresunters.* 39:237-243.
- Wildish, D. J., D. D. Kristmanson, R. L. Hoar, A. M. DeCoste, S. D. McCormick, and A. W. White. 1987. Giant scallop feeding and growth responses to flow. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 113:207-220.
- Wildish, D. J., D. D. Kristmanson, and A. M. Saulnier. 1992. Interactive effect of flow and seston concentration on giant scallop feeding inhibition. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 155:161-168.
- Wildish, D. J., and M. P. Miyares. 1990. Filtration rate of blue mussels as a function of flow velocity: Preliminary experiments. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 142:213-219.
- Wildish, D. J., and D. Peer. 1983. Tidal current speed and production of benthic macrofauna in the lower Bay of Fundy. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40 (Suppl. 1):309-321.
- Wildish, D. J., and A. M. Saulnier. 1992. The effect of flow and orientation on the growth of juvenile and adult giant scallops. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 155:133-143.

# Comment expliquer la distribution du pétrole et du gaz dans les bassins sédimentaires extracôtiers : stratégie de la recherche pendant les années 1990

M. A. Williamson et K. D. McAlpine



M. A. Williamson et K. D. McAlpine

On rencontre pratiquement la totalité des ressources mondiales non renouvelables de combustible dans des bassins sédimentaires, dont la côte orientale du Canada contient un grand nombre. Le potentiel pétrolifère et gazéifère de l'Est du Canada est devenu évident au cours des étapes de l'exploration. En 1867, année de la création de la Confédération, et juste neuf ans après la première découverte « délibérée » de pétrole en Amérique du Nord, dans la localité d'Oil Springs en Ontario, on a foré un puits dans la localité de Parsons Pond dans le nord-ouest de Terre-Neuve. En 1909, on a découvert du pétrole à Stony Creek, champ pétrolifère du sud du Nouveau-Brunswick, encore productif aujourd'hui. Ces deux secteurs du littoral contiennent du pétrole qui s'est accumulé dans des roches sédimentaires d'âge paléozoïque, déposées il y a plus de 250 millions d'années.

Depuis le début des années 1900, les progrès technologiques ont élargi les frontières de l'exploration du pétrole et du gaz. Pendant les années 1950 et 1960, des levés systématiques de géophysique marine entrepris par les organismes de recherche gouvernementaux et universitaires des États-Unis et du Canada ont commencé à révéler la présence de profonds bassins sédimentaires extracôtiers d'âge cénozoïque-mésozoïque dont la lithostratigraphie couvre les derniers 245 millions d'années (fig. 1). Ceci a éveillé l'intérêt de l'industrie pétrolière, et en 1966 a été foré le premier puits d'exploration extracôtière.

Les années suivantes, l'exploration a été marquée par la découverte de gaz sur la Plate-forme néo-écossaise en 1969, de gaz sur la Plate-forme du Labrador en 1974, et de l'immense champ pétrolifère d'Hibernia dans les Grands Bancs de Terre-Neuve en 1979. Jusqu'à présent, l'industrie du pétrole a foré presque 300 puits extracôtiers, et acquis plus d'un million de kilomètres linéaires de données sismiques

multicanal. Ce projet, qui représente un investissement de plusieurs milliards de dollars, a permis de découvrir 48 gisements de pétrole et de gaz (tableau 1). Il a aussi généré une base considérable de données géologiques, géophysiques, géochimiques et techniques. Grâce à la réglementation canadienne favorable, ce vaste ensemble de données fourni par l'industrie et administré par les commissions d'exploration extracôtière du Canada et de la Nouvelle-Écosse, a permis d'étayer plusieurs synthèses de la recherche à la fin des années 1970 et pendant les années 1980. Comme exemples, citons: une série sur la géologie de la marge continentale de l'Est du Canada (Keen et Williams, 1990) et la série de l'Atlas du bassin de la

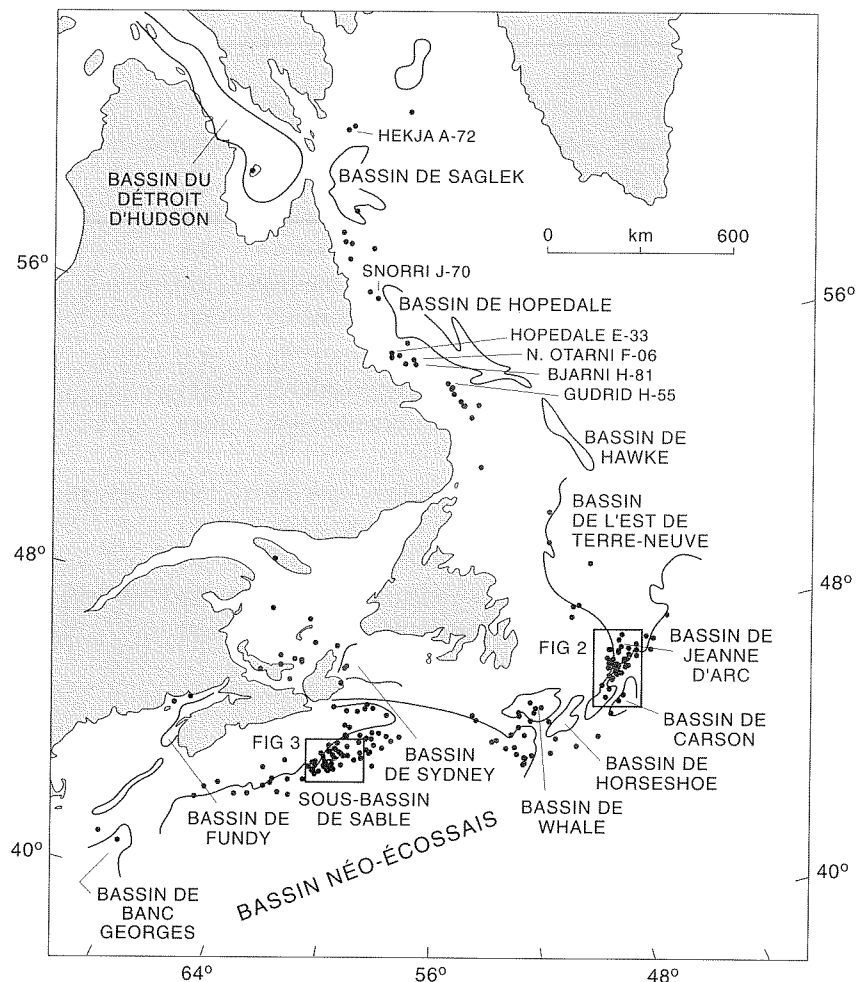
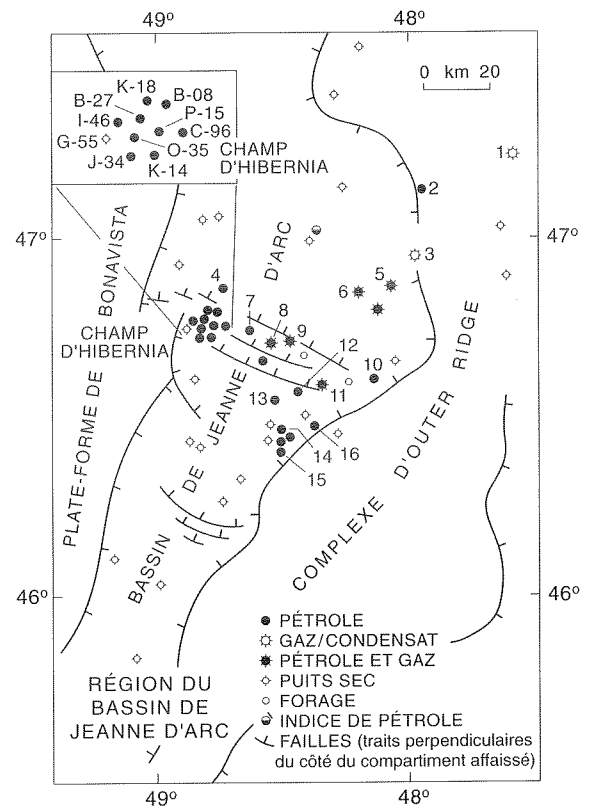


Figure 1. Principaux bassins sédimentaires mésozoïques-cénozoïques et emplacements des puits, dont le nombre est de presque 300 (représentés par de petits points noirs), au large des côtes est du Canada. Les 48 puits de découverte sont représentés par de gros points noirs (pétrole) et par des cercles vides (gaz).

**Tableau 1**  
**Liste chronologique des découvertes d'hydrocarbures**  
**Régions extracôtières de l'Est du Canada**

Puits découvert	Année	Zone	Produit
Onondaga E-84	1969	Plate-forme néo-écossaise	gaz
Île de Sable E-48	1971	Plate-forme néo-écossaise	condensat, gaz
Île de Sable O-47	1971	Plate-forme néo-écossaise	gaz
Primrose N-50	1972	Plate-forme néo-écossaise	pétrole, condensat
Eagle D-21	1972	Plate-forme néo-écossaise	gaz
Thebaud P-84	1972	Plate-forme néo-écossaise	gaz
Cohasset D-42	1973	Plate-forme néo-écossaise	pétrole
Bjarni H-81	1973	Plate-forme du Labrador	gaz
Citnalta I-59	1974	Plate-forme néo-écossaise	gaz, condensat
Intrepid L-80	1974	Plate-forme néo-écossaise	gaz, condensat
Gudrid H-55	1974	Plate-forme du Labrador	gaz
Snorri J-70	1975	Plate-forme du Labrador	gaz
Hopedale E-33	1978	Plate-forme du Labrador	gaz
Venture D-23	1978	Plate-forme néo-écossaise	gaz, condensat
Hibernia P-15	1979	Grands Bancs de Terre-Neuve	pétrole
Hekja A-72	1979	SE Plate-forme de Baffin	gaz
Ben Nevis I-45	1980	Grands Bancs de Terre-Neuve	pétrole, gaz
South Tempest G-88	1980	Grands Bancs de Terre-Neuve	pétrole, gaz
North Bjarni F-06	1980	Plate-forme du Labrador	gaz
Hebron I-13	1981	Grands Bancs de Terre-Neuve	pétrole
Nautilus C-92	1981	Grands Bancs de Terre-Neuve	pétrole
Banquereau C-21	1981	Plate-forme néo-écossaise	gaz
Olympia A-12	1982	Plate-forme néo-écossaise	gaz
South Venture O-59	1982	Plate-forme néo-écossaise	gaz
North Dana I-43	1982	Grands Bancs de Terre-Neuve	gaz
Bluenose 2G-47	1982	Plate-forme néo-écossaise	gaz
Arcadia J-16	1983	Plate-forme néo-écossaise	gaz
Glenelg J-48	1983	Plate-forme néo-écossaise	gaz
Uniacke G-72	1983	Plate-forme néo-écossaise	gaz
Terra Nova K-08	1983	Grands Bancs de Terre-Neuve	pétrole
Trave E-87	1983	Grands Bancs de Terre-Neuve	condensat, gaz
Alma F-67	1983	Plate-forme néo-écossaise	gaz
Chebucto K-90	1984	Plate-forme néo-écossaise	gaz
South Mara C-13	1984	Grands Bancs de Terre-Neuve	condensat, gaz
West Venture C-62	1984	Plate-forme néo-écossaise	gaz
Whiterose N-22	1984	Grands Bancs de Terre-Neuve	gaz, pétrole
West Ben Nevis B-75	1984	Grands Bancs de Terre-Neuve	pétrole
Mara M-54	1984	Grands Bancs de Terre-Neuve	pétrole
North Ben Nevis P-93	1984	Grands Bancs de Terre-Neuve	pétrole
Beothuk M-05	1985	Grands Bancs de Terre-Neuve	pétrole
West Olympia O-51	1985	Plate-forme néo-écossaise	gaz
North Triumph G-43	1985	Plate-forme néo-écossaise	gaz
Whiterose L-61	1986	Grands Bancs de Terre-Neuve	condensat, gaz
Fortune G-57	1986	Grands Bancs de Terre-Neuve	condensat, gaz
Panuke B-90	1986	Plate-forme néo-écossaise	pétrole
South Sable B-44	1988	Plate-forme néo-écossaise	gaz
Springdale M-29	1989	Grands Bancs de Terre-Neuve	pétrole
Balmoral M-32	1991	Plate-forme néo-écossaise	pétrole



- |                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| 1 NORTH DANA I-43    | 9 NORTH BEN NEVIS P-93 |
| 2 SOUTH TEMPEST G-88 | 10 FORTUNE G-57        |
| 3 TRAVE E-87         | 11 BEN NEVIS I-45      |
| 4 NAUTILUS C-92      | 12 WEST BEN NEVIS B-75 |
| 5 WHITEROSE N-22     | 13 HEBRON I-13         |
| 6 WHITEROSE L-61     | 14 TERRA NOVA K-08     |
| 7 MARA M-54          | 15 BEOTHUK M-05        |
| 8 SOUTH MARA C-13    | 16 SPRINGDALE M-29     |

Figure 2. Détail des activités de forage et des découvertes de gisements de pétrole dans la région du bassin de Jeanne d'Arc, y compris le champ pétrolier d'Hibernia.

côte Est, actuellement à l'étape de production (Bell, 1989, Plate-forme du Labrador; Cant, 1991, Plate-forme néo-écossaise).

Grâce aux recherches sur certains détails des données disponibles provenant de ce secteur, les connaissances relatives à la séparation des continents, aux processus de rifting, à la formation et au comblement des bassins (par ex. Beaumont *et al.*, 1982; Mackenzie *et al.*, 1985; Keen, 1979; Keen et Beaumont, 1990) ont subi une évolution fondamentale. Ce qui rend naturellement difficiles les études classiques de la subsurface, est que la compréhension totale d'une région donnée ne peut être atteinte que graduellement; on ne connaît vraiment bien un bassin qu'après avoir déterminé son potentiel en pétrole. Pour cela, il est nécessaire de continuellement recueillir et traiter de nouvelles données et de compiler des synthèses plus complètes et plus fiables.

Sur la côte est du Canada, le CGA s'est lancé dans une nouvelle stratégie de la recherche, avec le Projet de modélisation de la charge d'hydrocarbures, dans le but

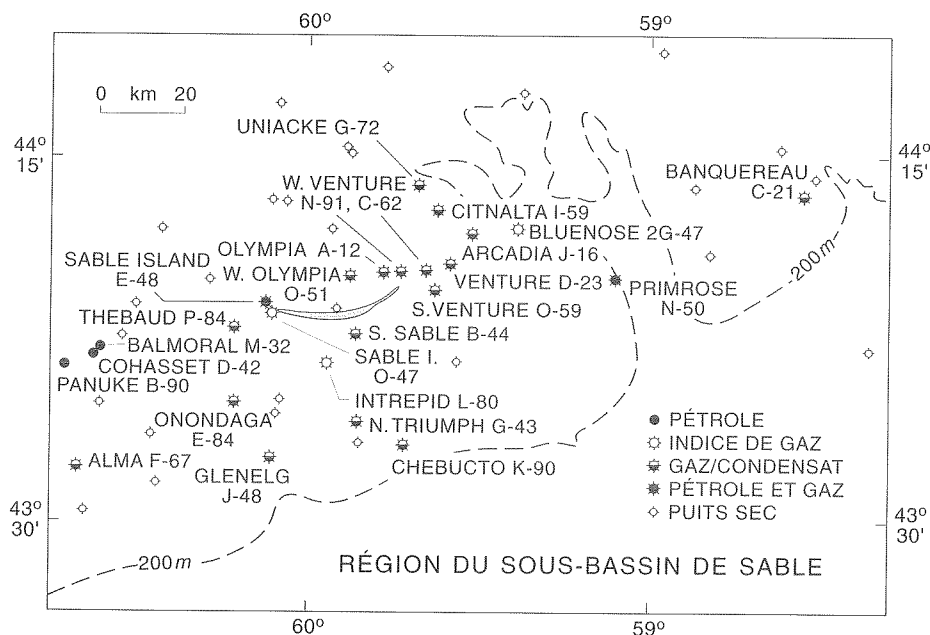


Figure 3. Détail des activités de forage et des découvertes de gisements de pétrole dans la région du sous-bassin de Sable, incluant les découvertes des gisements de Panuke-Cohasset, Sable, Venture et Glenelg.

colonne lithostratigraphique et les caractéristiques stratigraphiques et structurales fondamentales des bassins.

### Géoscience du pétrole

Au cours des années, les efforts de collaboration entrepris pour rassembler, interpréter et assimiler les données géophysiques, géologiques et techniques recueillies dans les régions extracôtières de l'Est du Canada ont généré une vaste base de connaissances. Qu'il s'agisse de bases de données ou d'atlas interprétatifs des bassins, ces connaissances sont le pivot des stratégies de la recherche géoscientifique. Le processus d'intégration interdisciplinaire est représenté à la figure 4, qui montre un réseau de disciplines et/ou de bases de données liées entre elles par de puissants postes d'interprétation, de traitement et de simulation des données. Un grand nombre des projets contribuant aux objectifs plus vastes de la recherche ont été regroupés en un projet commun (modélisation de la charge d'hydrocarbures), qui lui-même se laisse subdiviser en quatre types de tâches scientifiques, dont l'objectif est l'élaboration:

- de descriptions quantitatives des systèmes de roches mères;
- de descriptions quantitatives des réseaux de réservoirs et de pièges;

d'expliquer quantitativement les phénomènes chimiques, physiques et géologiques qui ont régi la distribution du pétrole et du gaz dans les bassins sédimentaires subsidents de la région. Par conséquent, notre recherche a progressé de la phase initiale de collecte et d'interprétation des données, aux synthèses très complètes mentionnées plus haut; elle passe à l'étape suivante, par application des technologies quantitatives nouvelles ou expérimentales de simulation des bassins, et aussi par exploitation des outils de traitement et d'interprétation des données (dans de petits postes de saisie rapides et puissants), et enfin aux interprétations et données déduites antérieurement. La recherche ne vise pas seulement à fournir une description très précise des distributions d'hydrocarbures telles qu'actuellement observées, mais à élaborer des outils de calcul qui faciliteront les stratégies d'exploration et de production, le classement des ressources selon un ordre de priorité, l'évaluation des ressources, et la gestion de ces ressources. Bien que le résultat final de ce projet soit de toute évidence pragmatique, il nécessitera des innovations scientifiques pour que l'on puisse aborder des problèmes jusque-là insolubles tels que la génération, l'expulsion et l'accumulation des hydrocarbures.

Le défi auquel on fait face pour mettre sur pied et réaliser cette stratégie, est et continuera d'être l'atteinte de l'équilibre indiqué dans le numéro précédent de *Science Review* (voir Best et Mudford, 1991). Il s'agit de fondre les techniques de simulation numérique, comme

la modélisation des pressions interstitielles et de l'écoulement des fluides (Mudford et Best, 1989), avec l'information sur les propriétés physiques et chimiques mesurées de la

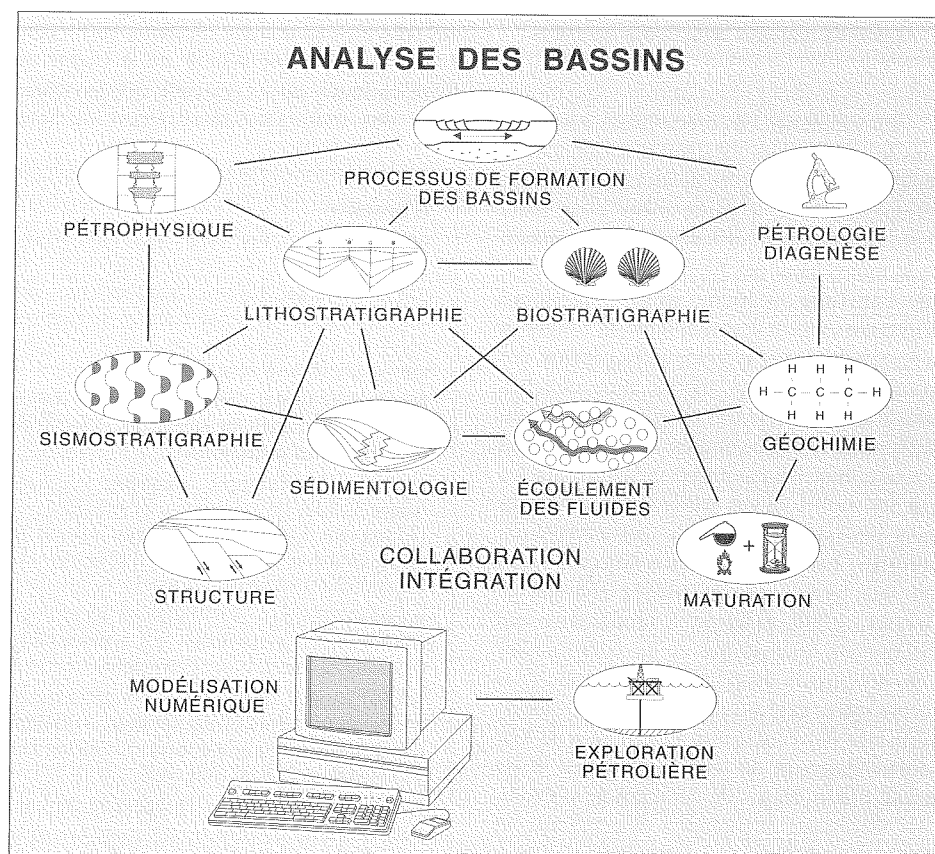


Figure 4. Principe de l'intégration des disciplines et des données requises pour la géoscience du pétrole/l'analyse détaillée des bassins.

- d'une description dynamique de l'évolution structurale et de la connectivité de ces systèmes; et
- de descriptions quantitatives du mouvement des hydrocarbures liquides dans ces systèmes.

**Systèmes de roches mères :** la recherche sur les systèmes de roches mères a pour objectif d'expliquer les processus physiques, chimiques et géologiques qui ont régi la sédimentation et la conservation de la matière organique susceptible de générer des hydrocarbures. (Le tableau 2 résume quelques-uns de ces processus.) Il est par exemple important de comprendre de quelle manière ces processus ont pu influencer sur la formation de la roche mère qui fait partie du Membre d'Egret dans le bassin de Jeanne d'Arc (McAlpine, 1990).

**Tableau 2**  
**Quelques facteurs régissant la sédimentation et la conservation des roches mères**

Taux de sédimentation
Profondeur d'eau
Distance de la source de matériaux clastiques
Profondeur de la couche mixte
Charge organique
Brassage en surface
Limitations physiographiques
Apport d'oxygène en eau profonde
Apport de matières organiques terrestres

En examinant ces mécanismes causatifs, dans le contexte des paramètres mesurés de la géochimie organique et de la caractérisation pétrophysique de la roche mère, nous cherchons à déterminer l'efficacité de la génération et du mouvement des fluides dans le système que constitue la roche mère. Ce détail détermine souvent la chronologie, la volume et la composition des hydrocarbures générés; par exemple, les roches mères avec couches interstratifiées sableuses ou silteuses génèrent souvent des hydrocarbures à un stade plus précoce, donc à un moindre degré de maturité, que les roches mères entièrement contenues dans des shales de faible perméabilité ou porosité. Les études par biomarqueurs faites sur des hydrocarbures piégés (Fowler et Brooks, 1990) aideront à reconnaître ces différences de maturité et de composition. Une description quantitative des systèmes de roches mères existant sur la côte est du Canada permettra de reconstruire l'historique de leur sédimentation et de leur conservation et de retracer leurs étapes de compaction, d'évolution thermique, d'évolution diagenétique, et d'évolution de leurs pressions interstitielles.

**Systèmes de réservoirs et de pièges :** Les systèmes de réservoirs sont caractérisés par

une plus grande porosité, une plus grande perméabilité, et une plus grande capacité d'emménagement que les systèmes de roches mères. Pour comprendre ces systèmes, il faut reconstruire leurs étapes de compaction, d'évolution thermique, d'évolution des pressions interstitielles et de diagenèse. Il est particulièrement important de comprendre l'influence de cette évolution sur la capacité du système de réservoir à permettre la migration des hydrocarbures. Par exemple, nous pouvons actuellement mesurer des paramètres tels que la porosité, la tortuosité, et les facteurs de formation – détails qui influent tous sur la conductivité hydraulique du système. Nous devons ensuite déterminer comment ces paramètres ont évolué avec le temps. Quelles ont été leurs caractéristiques pendant les périodes de génération maximale des hydrocarbures? Dans le cas des systèmes de réservoirs et de pièges, il est tout aussi important de comprendre la nature et la répartition des obstacles à l'écoulement que les éléments contrôlant l'écoulement non restreint induit par la poussée hydraulique. C'est l'évolution géométrique et mécanique de ces obstacles qui détermine la distribution et l'accumulation finales des hydrocarbures dans les bassins.

**Dynamique du système:** Bien que les systèmes de roches mères et de réservoirs aient été présentés ici comme distincts, on ne peut établir un historique détaillé de la charge en hydrocarbures qu'en plaçant ces systèmes dans des contextes témoignant de leur

interaction dynamique et de leur connectivité au cours des temps. En gros, le système de roches mères génère les hydrocarbures et les expulse dans les systèmes de réservoirs et de pièges. Nous voulons plus spécifiquement savoir quels sont les éléments contrôlant cet échange. Les systèmes de réservoirs et de pièges sont-ils interstratifiés lithologiquement, ou bien leur degré de connectivité dépend-il de l'existence de conduits verticaux (failles et fractures)? Comment ont évolué les processus de transmission des fluides par ces conduits verticaux? On cherche actuellement à répondre à ces questions en résolvant le problème de l'évolution géométrique et de l'évolution dynamique des systèmes de roches mères et de réservoirs, par des travaux de cartographie structurale et paléostratigraphique détaillée, en produisant par exemple des cartes des schémas anciens de circulation et d'écoulement des hydrocarbures.

**Déplacement des fluides :** Les deux systèmes (roches mères et réservoirs) décrits plus haut, ainsi que leur contexte géométrique et dynamique, serviront à reconstruire les anciens schémas d'écoulement et d'accumulation des hydrocarbures, depuis la sédimentation initiale des roches mères riches en matière organique, en passant par la génération des hydrocarbures, jusqu'à la migration et au piégeage final de ces hydrocarbures. On y parviendra en simulant numériquement le déplacement des fluides à l'intérieur de ces systèmes. Les forces physiques fondamentales qui régissent le mouvement des

## Glossaire

**biomarqueurs** Les marqueurs biologiques sont des composés organiques présents dans la géosphère. Ils peuvent être liés aux structures des composés précurseurs que contient le matériau parental. Ces composés ont initialement été appelés matières chimiques fossiles.

**biostratigraphie** Subdivision des unités lithostratigraphiques au moyen de l'étude des fossiles qu'elles contiennent.

**évolution diagenétique** Séquence d'événements causant des changements physiques et chimiques dans un sédiment après la sédimentation initiale (à l'exception de l'altération et du métamorphisme).

**membre d'Egret** Ensemble de roches qui constituent les roches mères des hydrocarbures du bassin de Jeanne d'Arc (voir roches mères).

**faciès** aspect, apparence et caractéristiques d'une unité lithostratigraphique, reflétant habituellement l'environnement qui existait lors de la sédimentation de cette unité.

**facteur de formation** Quotient de la conductivité d'un électrolyte par la conductivité d'une roche saturée en cet électrolyte.

**conductivité hydraulique** Capacité d'une

masse rocheuse ou de sédiments non consolidés à laisser passer des fluides.

**perméabilité** Degré auquel une masse rocheuse ou une masse de sédiments non consolidés laissent passer des fluides

**porosité** Quotient du volume d'espaces interstitiels présents dans une roche ou un sédiment par le volume total de cette roche ou de ce sédiment.

**réservoir** Volume de subsurface d'une roche poreuse et perméable dans lequel se sont accumulés du pétrole ou du gaz.

**piège** Volume de roche isolée par des barrières de faible perméabilité (roches ou failles) et contenant des accumulations de fluides.

**roche mère** Roche riche en carbone organique, de laquelle les hydrocarbures sont expulsés dans certaines conditions physiques ou chimiques, ou les deux.

**tortuosité** Terme indiquant les directions du cheminement des fluides dans une masse rocheuse – le trajet suivi est tortueux et non linéaire. Plus précisément, rapport inverse de la longueur d'une roche à la longueur du cheminement équivalent des fluides qui y circulent.

hydrocarbures dans les systèmes de roches mères différent de celles qui existent dans les systèmes de réservoirs, où agit surtout la poussée hydraulique. Il est particulièrement difficile de regrouper les modèles d'écoulement fluide de façon à lier les deux systèmes.

Les contextes intégrés décrits plus haut constitueront des modèles prévisionnels que nous pourrions comparer à nos observations – donc nous pourrions vérifier si nos modèles expliquent suffisamment bien la distribution des hydrocarbures telle qu'observée de nos jours (fig. 2, 3) dans l'ensemble du bassin étudié. Ceci augmentera la confiance dans la capacité du modèle à quantifier les risques associés aux ressources non découvertes.

Nous n'avons donné ici qu'un bref aperçu des principaux éléments de la recherche effectuée dans le cadre du projet. Chacun de ces éléments se compose de nombreux sous-projets individuels qui font appel à une vaste gamme d'expertise et de compétences spécifiques. Par exemple, certains concernent les hypothèses formulées durant les efforts courants d'analyse géologique des bassins; d'autres, les connaissances significatives acquises ou les lacunes dans l'information. Une importante tâche en cours consiste à intégrer les résultats de la recherche réalisée conjointement, au plan scientifique plus vaste.

### Le plan scientifique

La figure 5, qui décrit notre plan scientifique, indique comment nous concevons le schéma de combinaison des éléments de la recherche spécifique réalisée dans le contexte des éléments décrits, pendant la durée du projet. Tous les projets en cours peuvent généralement entrer dans l'une des cases.

La recherche sur les propriétés physiques et chimiques (case A2) nous fournit des données fondamentales relatives à la colonne lithostratigraphique et à sa teneur en eau – par exemple, l'information sur les perméabilités, les porosités, les degrés de saturation et la composition en eau, gaz et pétrole, les perméabilités relatives des fluides, les datations par traces de fission, les températures, les éléments minéraux fondamentaux, la biostratigraphie et la lithostratigraphie, les types de kérogène, et la cinétique. Il est important de comprendre comment ces propriétés ont été influencées au cours des temps par la compaction, la température et les variations de pression.

Les projets de cartographie géologique et géophysique (case A3) permettent de reconstruire l'évolution géométrique, dynamique et structurale des systèmes. On réalise aussi actuellement de la recherche fondamentale sur la façon de simuler numériquement des processus tels que la transmission des fluides par les failles, ou l'écoulement des fluides à travers des milieux de porosité et de perméabilité élevées ou de porosité et de perméabilité faibles (case A4). La case A1 couvre les efforts visant à placer les autres projets dans un contexte dynamique.

En regroupant l'information venant des projets de type A, on obtient une description quantitative des roches mères et des systèmes de réservoirs et de pièges, et, détail important, une définition de l'évolution chronologique et spatiale de ces systèmes au cours des temps (case B). En combinant les résultats de la case B à ceux de la case 3, on peut mieux comprendre d'un point de vue dynamique les interactions des systèmes (case C). À tout

moment de la réalisation du plan scientifique global, il peut être nécessaire d'ajuster, de redéfinir ou de corriger les modèles basés sur l'information nouvelle venant des projets de type A.

Finalement, le contenu de la case D représentera les modèles intégrés de la charge d'hydrocarbures, et permettra de suivre et prédire les déplacements des hydrocarbures à travers le système dynamique de la roche mère et/ou le système de réservoirs et de pièges. On les rencontrera à diverses échelles de grandeur; il pourra s'agir de l'évolution de la charge en hydrocarbures des nappes individuelles (à l'intérieur d'un champ pétrolier ou gazéifier) ou de celle des régions ou bassins.

**Exemple:** Les figures 6 et 7 illustrent la recherche qu'implique le projet. Les cartes (fig. 6) montrent les degrés, calculés par ordinateur, de maturité organique de la roche mère située dans le Membre d'Egret (bassin de Jeanne d'Arc), tels qu'ils étaient il y a environ 120, 100, 80, 60 et 0 millions d'années; la sédimentation du Membre d'Egret aurait eu lieu il y a environ 152 millions d'années. (Les degrés de maturité organique indiquent le degré de progression d'un sédiment riche en matière organique vers un état de transformation thermique permettant l'expulsion des hydrocarbures). La carte a été établie d'après l'examen et les synthèses d'une vaste gamme de types de données.

On calcule les schémas de subsidence, de compaction, d'évolution thermique et de maturation pour chaque donnée ponctuelle (correspondant aux puits d'exploration) à l'intérieur du bassin. Les calculs sont basés sur les données biostratigraphiques (c'est-à-dire sur les relations profondeurs-âges), lithostratigraphiques (les composantes de la roche), pétrophysiques (hypothèses sur la réduction de la porosité et la décompaction, et estimations de la conductivité thermique pour déterminer le schéma d'évolution thermique) et la cinétique des réactions chimiques (évaluation de la vitesse à laquelle se défont les liaisons chimiques dans la matière organique, et processus régissant la maturation et l'expulsion des hydrocarbures). À partir de cette information, les programmes permettent de calculer la compaction, la transformation thermique et le degré de maturation de la roche mère à tout moment de son évolution géologique. On emploie la capacité de ces modèles à prédire les conditions actuelles telles que mesurées dans un puits d'exploration donné, pour donner une bonne fiabilité à l'information sur la maturité, le schéma de compaction et l'évolution thermique, telle que fournie par les modèles.

À titre d'exemple, la figure 7 compare les

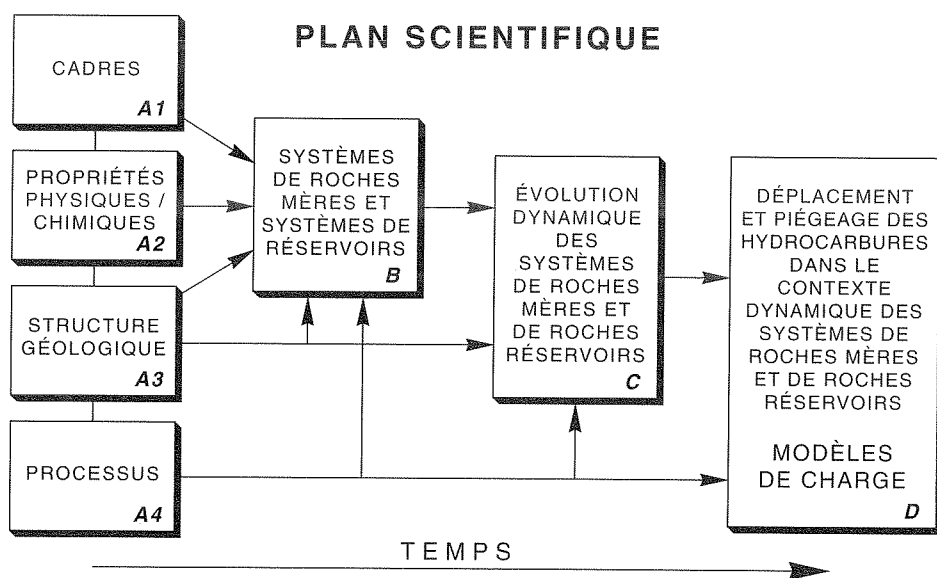


Figure 5. Plan scientifique de coordination des activités géoscientifiques relatives au pétrole, dans le cadre du Projet de modélisation de la charge d'hydrocarbures.

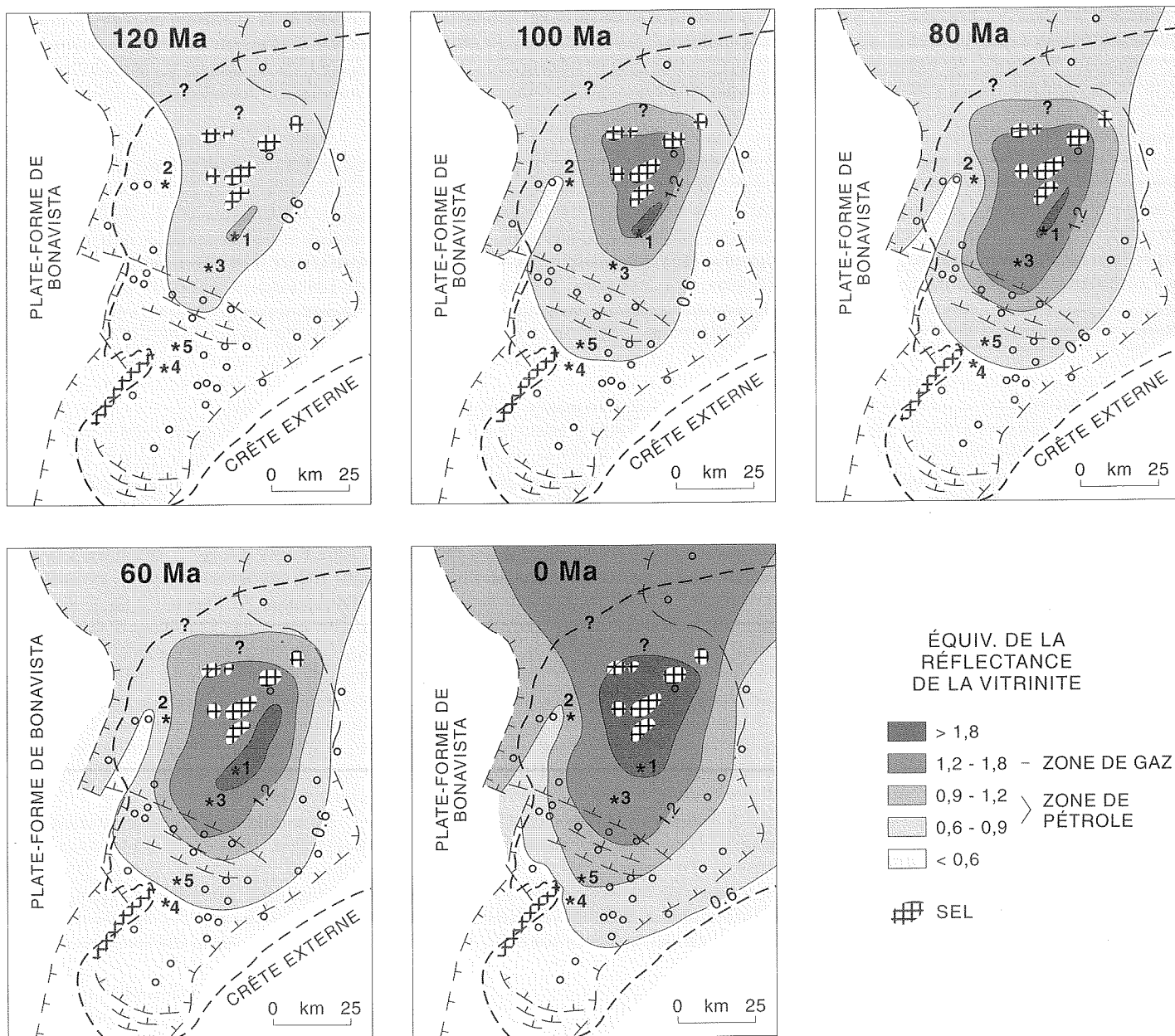


Figure 6. Évolution de la maturité des roches mères dans le bassin de Jeanne d'Arc au large des côtes de Terre-Neuve, obtenue par extrapolation au moyen de l'ordinateur. Les cartes montrent les degrés de maturité organique il y a 120, 100, 80, 60 et 0 millions d'années. Les zones ombrées, qui correspondent à une VER de 0,6 à 1,2, représentent le potentiel de génération et d'expulsion du pétrole. ("VER" désigne la valeur équivalente de la réflectance de la vitrinite et représente une mesure effectuée au microscope de la maturité organique.)

profils actuels déduits des modèles (traits continus et tiretés), de la maturité en profondeur et de la température en profondeur (astérisques et croix), aux observations directes de ces paramètres à partir de l'information fournie par les puits d'exploration et les analyses. En répétant ces calculs pour tous les puits d'exploration du bassin, on a pu cartographier les degrés de maturité à tout moment de l'évolution du bassin (fig. 6). Cet exemple de recherche de type A (fig. 5) nous donne un cadre temporel et spatial qui, combiné à l'information détaillée pétrophysique, géochimique et sur les faciès

de la roche mère réelle (indiquée à la fig. 8), nous aidera à décrire quantitativement le système de roches mères (case B, fig. 5).

**Collaborateurs à la recherche :** Étant donné l'approche interdisciplinaire et sa portée telles que décrites plus haut, il est important de reconnaître l'existence d'importantes lacunes dans les données et nos connaissances, et de pouvoir consulter des experts motivés, intéressés à contribuer au projet dans son ensemble. Afin d'élargir les ressources mises à la disposition du projet, le CGA a établi des liens avec l'industrie de l'exploration et de la production pétrolières, et avec le département

des sciences de la Terre de l'Université Dalhousie. Quelques-unes des compagnies concernées financent, par l'intermédiaire de l'Université Dalhousie, la recherche entreprise par des étudiants gradués dans le cadre de leur projet de thèse, et dans le contexte de la modélisation de la charge d'hydrocarbures.

Outre le CGA, les autres divisions participantes de la Commission géologique du Canada comprennent la Division des ressources minérales à Ottawa, spécialisée en mécanique des roches et en pétrophysique, et l'Institut de géologie sédimentaire et pétrolière à Calgary, dont l'expertise considérable dans



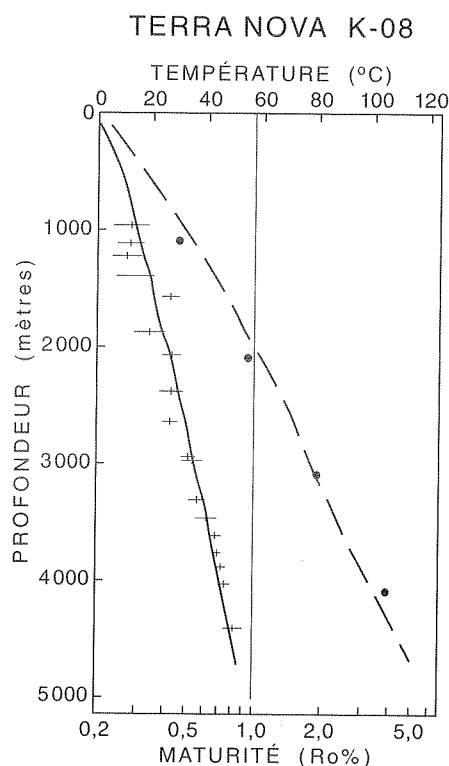


Figure 7. Profils actuels, modélisés par ordinateur, de la maturité en fonction de la profondeur (trait continu) et de la température en fonction de la profondeur (tiretés), comparés aux profils du même type basés sur des mesures réelles (+). Étant donné l'étroite correspondance des courbes tracées et des points représentés, on peut avec confiance procéder à l'extrapolation, en fonction inverse du temps, des données modélisées par ordinateur.

le domaine de la géochimie organique facilite la réalisation du projet. Au CGA, le projet s'inspire de la recherche en géologie pétrolière faite par la Subdivision de l'analyse des bassins, mais bénéficie également de la collaboration avec le groupe d'étude de la croûte profonde, à la Subdivision de la reconnaissance régionale.

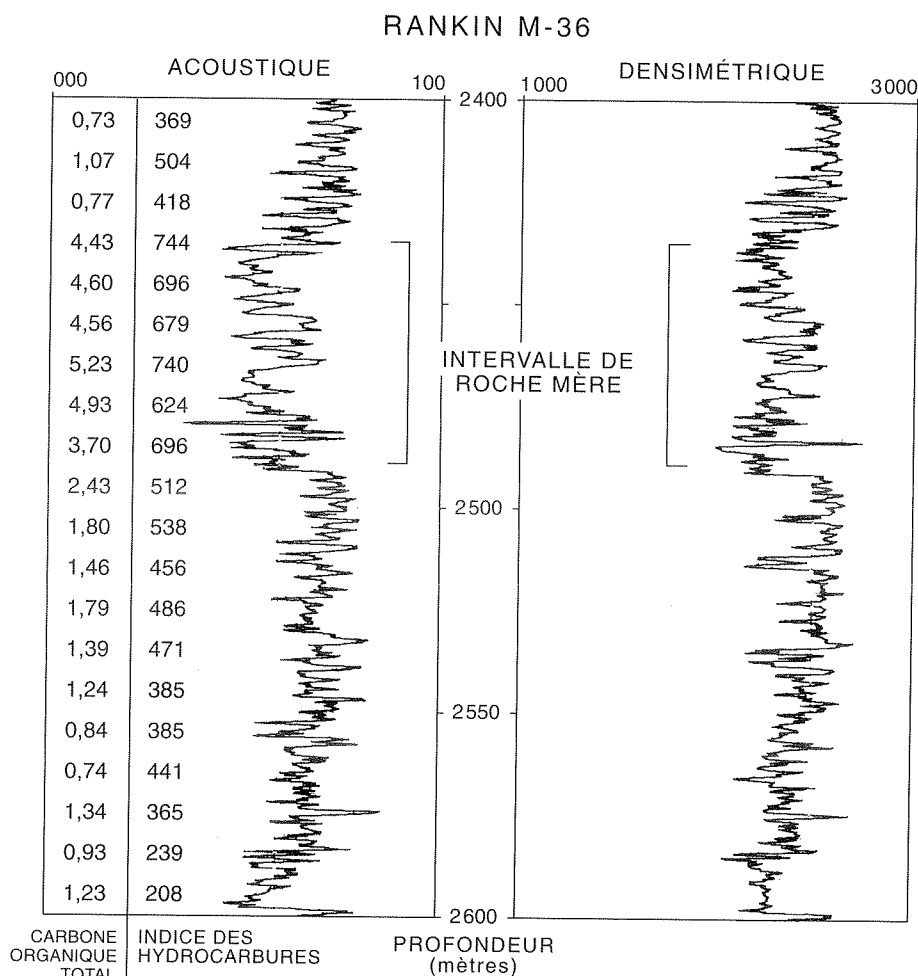
**Résumé**

La figure 1 montre la distribution des accumulations découvertes de pétrole et de gaz dans les bassins sédimentaires extracôtiers de l'Est du Canada. La recherche relative à ces bassins et à d'autres bassins du Globe a indiqué que la distribution des hydrocarbures dans les bassins sédimentaires résulte de l'interaction, au cours des temps géologiques, d'une série complexe de phénomènes physiques, chimiques et géologiques. Nos connaissances sur la distribution des hydrocarbures au large des côtes orientales du Canada sont le résultat des activités d'exploration (puits

d'exploration, levés sismiques et années-personnes) représentant des milliards de dollars et entreprises dans la région pendant les 25 dernières années au moins. Cet important investissement ne s'est que récemment traduit par les activités de production, que représentent les projets d'exploitation des champs pétrolifères d'Hibernia et de Panuke-Cohasset, au large des côtes de Terre-Neuve et de la Nouvelle-Écosse respectivement. Ces projets amènent dans une nouvelle phase l'historique de l'exploration et de la production des hydrocarbures de la côte est.

Pendant le reste des années 1990 et pendant le 21<sup>e</sup> siècle, l'industrie du pétrole et du gaz et le gouvernement fédéral devront encore faire face à des choix difficiles en matière de politiques et d'investissements. L'industrie sera généralement obligée de

considérer et de comparer la rentabilité économique, par exemple, des sources classiques et non classiques de pétrole; des projets de récupération primaire, secondaire et tertiaire; de l'exploration entreprise par des compagnies canadiennes et étrangères; du pétrole et du gaz des régions pionnières; et du gaz et du pétrole de l'Ouest canadien. La politique du gouvernement fédéral en matière d'énergie a une très grande portée. Toutefois, il est probable qu'un objectif unique concernant les futures ressources énergétiques permettra aux Canadiens non seulement de disposer de plusieurs options en matière d'énergie (comme le pétrole, le gaz, le charbon, l'hydroélectricité et l'énergie nucléaire, ainsi que l'énergie tirée des ressources renouvelables), mais aussi d'accéder au maximum d'information, ce qui leur permettra de faire les meilleurs choix, en



D'après Snowdon et Fowler (1986)

Figure 8. Schéma de la réponse apparaissant sur une diagraphie numérique (montrant à la fois la réponse acoustique et la réponse densimétrique) typique de la roche mère du Membre d'Egret dans le bassin de Jeanne d'Arc. On observe aussi les caractéristiques géochimiques de l'intervalle de roche mère, déduites de l'analyse par pyrolyse Rock-Eval de roches échantillonnées dans des puits d'exploration.

tenant compte des circonstances économiques et des considérations environnementales. L'industrie et le gouvernement ne pourront faire des choix judicieux qu'en se basant sur de l'information précise et détaillée relative à la nature des options existantes.

La stratégie de la recherche esquissée dans ce document fournira cette information, dans le cas d'au moins une des options futures du Canada en matière d'investissements dans les ressources énergétiques : le pétrole et le gaz des régions pionnières de la côte est du Canada. Cette stratégie est conçue pour améliorer quelques-unes des réalisations géoscientifiques du CGA, notamment l'explication des contextes tectoniques et stratigraphiques des bassins et de leur géologie pétrolière. Ces réussites, qui se sont tout récemment traduites par la production de la Série de l'Atlas des bassins de la côte est du Canada (Bell, 1989; Cant, 1991), représentent le contexte qui nous permet de mettre au point des modèles quantitatifs de l'évolution de la charge d'hydrocarbures dans les bassins des régions pionnières de la côte est du Canada.

Les résultats du projet intéresseront les prospecteurs et les producteurs de pétrole, ainsi que les réglementateurs et les responsables des politiques dans ce domaine. La modélisation numérique de l'évolution de la charge des bassins facilitera et rendra plus

précises les prévisions du potentiel en ressources des bassins, et, détail important, constituera une plate-forme quantitative pour l'élaboration, l'examen et la mise à l'épreuve d'idées nouvelles sur la génération, la migration et le piégeage des hydrocarbures dans les bassins des régions pionnières de la côte est du Canada. Cette information permettra aux Canadiens d'acquérir une compréhension géoscientifique plus complète des options en matière de ressources énergétiques potentielles et de ressources existantes.

### Bibliographie

- Beaumont, C., C. E. Keen, and R. Boutilier. 1982. Evolution of rifted continental margins. *Geophys. J. R. Astronom. Soc.* 70:667-715.
- Bell, J. S. (coordinator). 1989. Labrador Sea. Frontier Geoscience Project, East Coast Basin Atlas Series. Geological Survey of Canada, Dartmouth, N.S.
- Best, M. E., and B. S. Mudford. 1991. Fluid rock interactions in sedimentary basins: A new research direction for the Atlantic Geoscience Centre. In: T. E. Smith (ed.), *Science Review 1988 & '89*. Department of Fisheries and Oceans, Dartmouth, N.S.
- Cant, D. J. (coordinator). 1991. Scotian Shelf. Frontier Geoscience Project, East Coast Basin Atlas Series. Geological Survey of Canada, Dartmouth, N.S.
- Fowler, M. G., and P. W. Brooks. 1990. Organic geochemistry as an aid in the interpretation of the history of oil migration into different reservoirs at the Hibernia K-18 and Ben Nevis I-45 wells, Jeanne d'Arc Basin, offshore eastern Canada. *Org. Geochem.* 16(1-3):461-475.
- Keen, C. E. 1979. Thermal history and subsidence of rifted continental margins – evidence from wells on the Nova Scotian and Labrador Shelves. *Can. J. Earth Sci.* 16(3):505-522.
- Keen, C.E., and C. Beaumont. 1990. Geodynamics of rifted continental margins. In: M. J. Keen and G. L. Williams (eds.), *Geology of the Continental Margin of Eastern Canada*. Geological Survey of Canada, N° 2.
- Keen, M. J., and Williams, G. L. (eds.). 1990. *Geology of the Continental Margin of Eastern Canada*. Geological Survey of Canada, N° 2.
- Mackenzie, A. S., C. Beaumont, R. Boutilier, and J. Rullkotter. 1985. The aromatization and isomerization of hydrocarbons and the thermal and subsidence history of the Nova Scotia margin. *Phil. Trans. R. Soc. Lond., Series A* 315:203-232.
- McAlpine, K. D. 1990. Mesozoic stratigraphy, sedimentary evolution, and petroleum potential of the Jeanne d'Arc Basin, Grand Banks of Newfoundland. Geological Survey of Canada paper:89-17.
- Mudford, B., and M. Best. 1989. Venture gas field, offshore Nova Scotia: Case study of overpressuring in region of low sedimentation rate. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* 73:1383-1396.
- Snowdon, L. R., and M. G. Fowler. 1986. Rock-Eval/TOC data from seven wells located within the Jeanne d'Arc Basin offshore Newfoundland. Geological Survey of Canada, Open File.

# Organisation et personnel

L'Institut océanographique de Bedford (IOB), le Laboratoire de recherche halieutique de Halifax (LRHH) et la Station biologique 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 ceux d'autres ministères fédéraux qui y possèdent des laboratoires et du personnel, en l'occurrence le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources (EMR) et celui de l'Environnement. Le premier est représenté à l'Institut par deux organismes, soit le Centre géoscientifique de l'Atlantique de la Commission géologique du Canada et le Laboratoire de l'Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada. Le second y possède également deux

organismes, soit la Division de la conservation de la faune marine et le Laboratoire régional de l'Atlantique du Service de protection de l'environnement. L'IOB loue aussi des locaux à ASA Consulting Ltd. et à Brooke Ocean Technology Ltd., entreprises privées qui oeuvrent dans des domaines connexes aux sciences de la mer.

Voici les principaux groupes présents à l'IOB au 1er décembre 1991, ainsi que le nom de leur chef. Outre les trois établissements de recherche, une partie du personnel se trouve dans des bureaux situés à Halifax dans l'immeuble Hollis (IH). À noter que tous les numéros de téléphone indiqués pour l'IOB, le Laboratoire de Halifax et l'immeuble Hollis commencent par (902) 426-

## MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS

### Région de Scotia-Fundy

<b>Directeur général régional</b> <i>N.A. Bellefontaine</i>	IH/2581	<b>Direction des sciences physiques et chimiques</b> <i>J.A. Elliott, directeur</i>	IOB/8478	<b>Direction des services de gestion</b> <i>E.J. Maher, directeur</i>	IOB/7433
<b>Directeur régional des sciences</b> <i>S.B. MacPhee</i>	IOB/3492	Division de la chimie marine <i>J.M. Bewers, chef</i>	IOB/2371	Services maritimes <i>J. Wheelhouse, chef</i>	IOB/7292
Division de l'évaluation et de la liaison, travaux maritimes <i>H.B. Nicholls, chef</i>	IOB/3246	Division de l'océanographie côtière <i>C.S. Mason, chef</i>	IOB/3857	Ingénierie et services techniques <i>D.F. Dinn, chef</i>	IOB/3700
Services de calcul scientifique <i>D. Porteous, chef</i>	IOB/2452	Division de la métrologie <i>D.L. McKeown, chef</i>	IOB/3489	Gestion des installations <i>A. Medynski, chef</i>	IOB/7449
<b>Direction des sciences biologiques</b> <i>M. Sinclair, directeur</i>	IOB/3130	Division de la circulation océanique <i>R.A. Clarke, chef</i>	IOB/2502	Gestion du matériel <i>J.M. Broussard, chef p.i.</i>	IOB/5226
<i>R.E. Lavoie, directeur adjoint</i>	IOB/2147	<b>Direction de l'hydrographie</b> <b>Service hydrographique du Canada</b> <b>(Atlantique)</b> <i>P. Bellemare, directeur</i>	IOB/3497	Systèmes d'information <i>C.B. Crowe, chef</i>	IH/9315
Division des poissons de mer <i>R.N. O'Boyle, chef</i>	IOB/4890	Division des levés <i>R.C. Lewis, chef</i>	IOB/2432	Service de bibliothèque <i>A. Fiander, chef</i>	IOB/3675
Division des poissons benthiques et de l'aquiculture (et directeur, Laboratoire de recherche halieutique de Halifax) <i>J.D. Pringle, chef</i>	LRHH/6138	Publications nautiques <i>S.L. Weston, chef</i>	IOB/7286	Services administratifs <i>H.S. Leonard, chef p.i.</i>	IOB/7037
Division de l'océanographie biologique <i>T.C. Platt, chef</i>	IOB/3793	Développement hydrographique <i>R.G. Burke, chef</i>	IOB/3657	<b>Direction du contrôleur</b> <i>G.C. Bowdridge, directeur</i>	IH/6166
Division des poisson d'eau douce et lacs anadromes <i>J.A. Ritter, chef</i>	IH/3573	Gestion et planification des données <i>S.T. Grant, chef</i>	IOB/2411	Opérations de comptabilité et de trésorerie <i>S. Lucas, chef</i>	IH/3552
Division de l'écologie de l'habitat <i>D.C. Gordon, chef</i>	IOB/3278	Marées, courants et niveaux d'eau <i>C. O'Reilly, chef</i>	IOB/3846	Planification et analyse financières <i>L.Y.N. Seto, chef</i>	IH/7060
Division des invertébrés et de l'aquiculture (et directeur, Station biologique de St. Andrews) <i>R.H. Cook, chef</i>	SBSA/(506)529-8854			<b>Direction des communications</b> <i>J. Gough, directeur</i>	IH/3550
				Communications - Sciences <i>M. MacDonald</i>	IOB/6414

**MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE,  
DES MINES ET DES  
RESSOURCES**

**Commission géologique  
du Canada**

**Centre géoscientifique de l'Atlantique**  
*D.I. Ross, directeur* IOB/3448

Analyse des bassins  
*K.D. McAlpine, chef* IOB/2730

Géologie du milieu marin  
*D.B. Prior, chef* IOB/7730

Reconnaissance régionale  
*J. Verhoef, chef* IOB/5687

Soutien des programmes  
*K.S. Manchester, chef* IOB/3411

Administration  
*G. McCormack, chef* IOB/2111

**ENVIRONNEMENT CANADA**

**Région de l'Atlantique**

**Division de la conservation de la faune  
marine (Service canadien de la faune)**  
*E.H.J. Hiscock, chef* IOB/6314

**Laboratoire régional  
(Protection de l'environnement)**  
*K.G. Doe, chef p.i.* IOB/3284

# Travaux de recherche

Voici la liste des recherches et des travaux individuels en cours dans les laboratoires de la région de Scotia-Fundy du MPO, au Centre géoscientifique de l'Atlantique du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources et dans les services d'Environnement Canada.

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 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 5Ze 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  
*P. Fanning*
8. Évaluation de la morue de 4X et recherche connexe  
*S. Campana*
9. Évaluation de la morue de 5Ze et recherche connexe  
*J. Hunt*
10. Évaluation de la goberge et recherche connexe  
*C. Annand*
11. Évaluation du merlu argenté et recherche connexe  
*D. Waldron*
12. Évaluation du sébaste et recherche connexe  
*K. Zwanenburg*
13. Évaluation des poissons plats et recherche connexe  
*J. Neilson*
14. Études de la marge de la plate-forme continentale et évaluation de l'argentine  
*R. Halliday*
15. Alimentation et dynamique énergétique du phoque  
*W.D. Bowen*
16. Écologie des populations de ver de phoque  
*G. McClelland*
17. Surveillance des populations de phoques  
*W. Stobo*
18. Écologie et évaluation des populations de phoques  
*W.D. Bowen*
19. Infrastructure de recherche sur les phoques  
*W.D. Bowen*
20. Études sur le phoque gris – Université Dalhousie  
*R. O'Boyle*
21. Études sur la gestion des pêches de poisson de fond  
*R. Halliday*
22. Méthodes d'évaluation des stocks  
*R. O'Boyle*
23. Programme national d'échantillonnage (poisson de fond)  
*K. Zwanenburg*
24. Recherche en gestion – Programme international des observateurs (PIO)  
*D. Waldron*
25. Campagne d'évaluation du poisson de fond au chalut  
*J. Hunt*
26. Mesure de l'âge du poisson de fond  
*J. Hunt*
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. Processus d'évaluation de l'ampleur des écosystèmes  
*L. Dickie*
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  
*I. Perry*
35. Campagnes d'évaluation et écologie des poissons juvéniles  
*J. Neilson*
36. Études sur la gestion des pêches de poisson pélagique  
*T. Iles*
37. Stratégies de reproduction du poisson de mer  
*T. Lambert*
38. Soutien en TED  
*R. Branton*
39. Études statistiques et recherche coopérative  
*S. Smith*
40. Communication et recherche coopératives science-industrie sur le poisson de fond  
*P. Hurley*
41. Dynamique des processus de recrutement des gadidés du golfe du Maine  
*E. Trippel*
42. Écosystèmes des poissons de fond : données sur la récolte  
*R. O'Boyle*
43. Écosystèmes des poissons de fond : résultats de recherche – Données d'évaluation  
*S. Gavaris*

44. Écosystèmes des poissons de fond : résultats de recherche – Distribution géographique  
*R. O'Boyle*
45. Étude sur les palangriers  
*R. Halliday*
46. Communications avec les pêcheurs  
*R. O'Boyle*
47. 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 campagnes d'évaluation du homard dans la ZPH 33  
*M. Tremblay*
3. Évaluation des pétoncles du banc Georges 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  
*R. Elnor*
7. Évaluation des plantes marines et recherche connexe  
*G. Sharp*
8. Évaluation des stocks de homard (ZPH 40 et 41), y compris ceux du large de la plate-forme néo-écossaise, et recherche connexe  
*D. Pezzack*
9. Habitat du homard : méthodologie de l'évaluation et de la recherche  
*R.J. Miller*
10. Homard – Science de la ressource  
*C. Hudon*
11. Homard – Science de la ressource – Biologie des larves  
*G.C. Harding, J. Pringle*
12. Étude et évaluation des stocks de homard – ZPH 31 et 32  
*J. Pringle*
13. Évaluation du homard et recherche connexe dans le sud-ouest de la Nouvelle-Écosse (ZPH 33 et 34)  
*D. Pezzack, J. Tremblay*
14. Évaluation des stocks de moules sauvages et recherche connexe  
*G. Sharp*
15. Cartes des ressources et projets spéciaux  
*G. Black*
16. Recherche sur les pêcheries de myes  
*S. Robinson*
17. Dynamique et évaluation de la population de pétoncles de la baie de Fundy  
*S. Robinson*
18. Évaluation des stocks de homard (ZPH 35, 36 et 38)  
*P. Lawton*
19. Dynamique et écologie de la population de homards de la baie de Fundy  
*P. Lawton*
20. Biologie des invertébrés  
*S. Waddy*
21. Potentiel offert par les espèces d'invertébrés sous-exploitées  
*S. Robinson, P. Lawton*
- C. ÉVALUATION DES STOCKS D'ESPÈCES ANADROMES, MISE EN VALEUR DU SAUMON ET RECHERCHES CONNEXES**
1. Évaluation du saumon  
*T. Marshall*
2. Évaluation des espèces autres que les salmonidés  
*B. Jessop*
3. Mise en valeur du saumon  
*R. Cutting*
4. Mise en valeur du saumon 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. Robbins*
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  
*R.H. Cook*
2. Croissance, smoltification et reproduction des salmonidés  
*R.L. Saunders*
3. Recherche sur les phytotoxines  
*D. Wildish*
4. Aquiculture des poissons de mer  
*K. Waiwood*
5. Recherche en écologie de l'aquiculture  
*D. Wildish*
6. Besoins environnementaux des poissons aux premiers stades de leur développement  
*R. Peterson*
7. Recherche sur les invertébrés et aquiculture d'invertébrés  
*D. Aiken*
8. Nutrition des invertébrés  
*J. Castell*
9. Nutrition du poisson  
*S. Lall*
10. Recherche en ichtyopathologie  
*G. Olivier*
11. Parasitologie  
*C. Morrison*
12. Culture des mollusques et recherches sur les phytotoxines  
*D. Scarratt*
13. Unité des services de santé du poisson  
*J. Cornick*
- E. OCÉANOGRAPHIE BIOLOGIQUE**
1. Propriétés bio-optiques des eaux pélagiques  
*T. Platt*
2. Respiration, absorption de matières nutritives et régénération des populations naturelles de plancton  
*W. Harrison*
3. Océanographie physique de certaines entités dans le cadre des travaux d'écologie marine  
*E. Horne*
4. Physiologie 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. 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. Nutrition et biochimie du zooplancton marin  
*E. Head*
11. Dynamique trophique du zooplancton et du micronecton dans l'est de l'Arctique  
*D. Sameoto*

12. Étude annuelle permanente du plancton dans l'Arctique  
*R. Conover*
13. Études à terre des communautés de plancton épontique et pélagique situées sous la glace  
*R. Conover*
14. Études effectuées à bord de navires en été dans l'est de l'Arctique canadien  
*E. Head*
15. Dynamique du métabolisme des microbes et du flux de particules  
*P. Kepkay*
16. 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. Études de l'habitat de la laminaire et des herbes marines  
*K.H. Mann*
6. Évaluation des stocks de myes du littoral et recherche connexe  
*T.W. Rowell*
7. Études de l'habitat des mollusques du littoral  
*T.W. Rowell*
8. Recherches sur l'habitat du pétoncle  
*P. Cranford*
9. Études de l'habitat du zooplancton  
*G.C. Harding*
10. Études de l'habitat  
*D.L. Peer*
11. Dynamique du phytoplancton des zones littorales et programme de surveillance du phytoplancton – Nouvelle-Écosse  
*P.D. Keizer*
12. Évaluation du risque de prolifération d'algues due à l'évacuation des eaux de ballast des navires dans l'est du Canada  
*S.R.V. Durvasula*
13. Effets de la pêche sur l'habitat du poisson  
*W.P. Vass*
14. Echanges benthique/pélagique  
*P.D. Keizer*
15. Interactions entre le poisson et son habitat  
*S.N. Messieh*
16. Bioénergétique des mammifères marins  
*P.F. Brodie*
17. Processus reliés à la grandeur et phénomènes bioénergétiques dans les habitats de production du poisson  
*S.R. Kerr*
18. Interactions entre les processus physiques et biologiques dans les habitats marins  
*K.H. Mann*
19. Évaluation des habitats des estuaires et de la plate-forme continentale  
*W.L. Silvert*
20. Flux de contaminants dans les réseaux trophiques marins  
*B.T. Hargrave*
21. Études organiques sur le transport à distance des polluants atmosphériques (TADPA)  
*B.T. Hargrave*
22. Soutien en matière d'instruments  
*D.P. Reimer*
23. Recherche sur les pluies acides (Nouvelle-Écosse)  
*W. Watt*
24. Évaluation de l'habitat des poissons d'eau douce et recherche connexe  
*W. Watt*
25. Effet d'un faible pH sur le développement des salmonidés  
*R. Peterson*
26. Effets des pluies acides sur l'écologie des salmonidés  
*G.L. Lacroix*
7. Formation de l'eau de la mer du Labrador  
*R.A. Clarke, N.S. Oakey*
8. Modélisation de la mer du Labrador  
*C. Quon*
9. Variabilité du courant du Labrador  
*R.A. Clarke*
10. Mesures de la variabilité du Gulf Stream à l'aide d'instruments mouillés : statistiques et cartographie  
*R.M. Hendry*
11. Expérience du bassin de Terre-Neuve  
*R.A. Clarke, R.M. Hendry*
12. Problèmes de dynamique des fluides en géophysique  
*C. Quon*
13. Expérience de la mer de Norvège et de la mer du Groenland  
*R.A. Clarke, P. Jones*
14. Études du courant de l'Atlantique nord et de l'écoulement vers le large des eaux du courant du Labrador  
*J.R.N. Lazier*
15. Climatologie des couches supérieures de l'Atlantique nord  
*F.W. Dobson*
16. Thermodynamique de la structure et de la circulation océaniques  
*E.B. Bennett*
17. Dynamique de la plate-forme continentale – Expérience du chenal d'Avalon  
*B.D. Petrie, C. Anderson*
18. Étude des ondes internes à l'aide du Batfish  
*A.S. Bennett*
19. Gestion de données  
*D.N. Gregory*
20. Océanographie physique de l'est de l'Arctique  
*C.K. Ross*
21. Transport de l'eau dans et par le passage du Nord-Ouest  
*S.J. Prinsenber, E.B. Bennett*
22. Variabilité saisonnière et interannuelle dans le golfe du Saint-Laurent  
*G.L. Bugden*
23. Courants de marée et courants résiduels – Travaux de modélisation en trois dimensions  
*K. Tee*
24. Circulation et flux air-mer dans la baie d'Hudson et la baie James  
*S.J. Prinsenber*
25. Mise au point d'une méthode efficace de modélisation en trois dimensions de la circulation sur la plate-forme et le talus  
*K. Tee*
26. Sondes CTP et autres capteurs  
*A.S. Bennett*
- DIRECTION DES SCIENCES 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. Mesures de la vitesse près de la surface  
*N.S. Oakey*
4. 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*
5. Rotation descendante et mélange des lentilles salées en Méditerranée  
*N.S. Oakey*
6. Mesures en laboratoire de la microstructure de la vitesse dans un système convectif, à l'aide de techniques photographiques  
*J.M. Hamilton*

27. Techniques de manutention et d'utilisation des systèmes d'instruments et de câbles  
*J.-G. Dessureault, R.F. Reiniger*
  28. Variabilité climatique inscrite dans les sédiments marins  
*J. Smith*
  29. Carbonates et substances nutritives dans les régions arctiques  
*E.P. Jones*
  30. Distribution de l'eau de fonte de la glace de mer  
*F.C. Tan, P. Strain*
  31. Échange entre les courants gyroïdes : flux au sud des Grands Bancs de Terre-Neuve, par 50° ouest  
*R.M. Hendry*
  32. Échange de CO<sub>2</sub> dans l'interface air-mer  
*S.D. Smith, B. Anderson, F.W. Dobson, P. Jones*
  33. Systèmes CTP des programmes par navires océanographiques occasionnels  
*J.-G. Dessureault, R.A. Clarke, B. Beanlands, S. Young*
  34. Études du mélange turbulent dans le cadre de la North Atlantic Trac Release Experiment (NATRE)  
*N.S. Oakey*
  35. Isotopes d'oxygène et mélange sur la plate-forme néo-écossaise  
*P. Strain, F. Tan, P. Smith*
  36. Études dans le cadre de l'Expérience concernant la circulation océanique  
*R.A. Clarke, R. Hendry, J.R.N. Lazier*
- B. TRANSPORT ET ACTIVITÉS OCÉANOLOGIQUES**
1. Analyse du cheminement du pétrole  
*D.J. Lawrence*
  2. Processus hivernaux dans le golfe du Saint-Laurent  
*G.L. Bugden*
  3. Programme de surveillance de l'environnement de Point Lepreau  
*J. 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.A. Fowler*
- C. RESSOURCES ÉNERGÉTIQUES EXTRACÔTIÈRES**
1. Étude du soulèvement de la houle du vent en pleine mer  
*F.W. Dobson*
  2. Glaces de la côte du Labrador  
*S.J. Prinsenber, I. Peterson*
  3. Étude des glaces du golfe du Saint-Laurent  
*G.L. Bugden*
  4. Dynamique de la mer du vent  
*W. Perrie, B. Toulany*
  5. Mesures des courants près de la surface de l'océan  
*P.C. Smith, D.J. Lawrence, J.A. Elliott, D.L. McKeown*
  6. Modélisation des glaces et des icebergs en dérive le long des côtes du Labrador et de l'île de Baffin  
*M. Ikeda*
  7. Circulation à grande échelle dans la mer du Labrador et la baie de Baffin  
*M. Ikeda*
  8. Étude des glaces du Labrador – Travaux sur le terrain  
*I. Peterson, S.J. Prinsenber*
  9. Origine dynamique des mouvements à basse fréquence sur la plate-forme de Terre-Neuve et du Labrador  
*D. Wright, J.R.N. Lazier, B.D. Petrie*
  10. Travaux sur la marge de glace du Labrador  
*C.L. Tang, M. Ikeda*
  11. Océanographie de la plate-forme continentale de Terre-Neuve  
*B.D. Petrie, D.A. Greenberg*
  12. 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*
  13. Anémomètres pour bouées dérivantes  
*J.-G. Dessureault, D. Harvey*
  14. Systèmes de positionnement acoustique par rapport à un navire  
*D.L. McKeown*
  15. Mise au point d'un flotteur lagrangien de surface  
*D.L. McKeown, G.A. Fowler*
  16. Profileur acoustique de courant monté sur le fond  
*D. Belliveau, N.A. Cochrane*
  17. Composantes des hydrocarbures pétroliers  
*E.M. Levy*
  18. Accroissement de la biodégradation du pétrole dans le milieu marin  
*E. Levy, K. Lee*
  19. Stress causé aux poissons juvéniles par les hydrocarbures  
*J.H. Vandermeulen*
  20. Cycle des contaminants dans les eaux estuariennes  
*J.H. Vandermeulen*
  21. Mesure des vagues pendant le programme d'étude des tempêtes  
*F.W. Dobson*
  22. Mouillage de fond résistant aux chaluts pour les instruments océaniques  
*J.-G. Dessureault*
  23. Échanges verticaux et horizontaux sur le banc Georges  
*J.W. Loder, K. Drinkwater, E. Horne, N.S. Oakey*
  24. CO<sub>2</sub> océanique  
*E.P. Jones*
  25. Altération de pétoncles par des déblais de forage d'hydrocarbure  
*R.F. Addison*
  26. Volatilité des hydrocarbures  
*E. Levy*
  27. Interactions entre le champ de vent et les vagues  
*F.W. Dobson, S.D. Smith, W. Perrie*
  28. Système de gestion des données océanographiques  
*D.N. Gregory, G. Boudreau*
  29. Dynamique des vagues et des glaces  
*W. Perrie, B. Toulany*
  30. Étude de courants océaniques dans les eaux canadiennes de l'Atlantique à l'aide de l'altimétrie et de la modélisation satellitaires  
*M. Ikeda*
  31. Pollution émanant de l'industrie du pétrole extracôtier  
*E.M. Levy*
  32. Conception d'un mouillage résistant à la glace  
*G.A. Fowler, D. Belliveau, J.M. Hamilton*
  33. Conception de systèmes d'acquisition continue de données océanologiques  
*D. Belliveau, J.M. Hamilton, G.A. Fowler*
  34. Conception d'une plate-forme d'acquisition de données atmosphériques en temps réel  
*J.M. Hamilton, G.A. Fowler, D. Belliveau*
  35. Flux de glace marine sur les plate-formes terre-neuviennes  
*S.J. Prinsenber*
  36. Océanographie dans le cadre du Programme canadien d'étude des tempêtes dans l'Atlantique  
*P.C. Smith, M. Ikeda*
  37. Modélisation des vagues de vent  
*W. Perrie, B. Toulany*



38. Conception de balises et d'instruments à glace peu coûteux  
*G.A. Fowler, S.J. Prinsenbergh, J.M. Hamilton*
39. Modélisation de la circulation en trois dimensions  
*J.W. Loder, D. Greenberg*
40. Assimilation de données et applications océanographiques  
*W. Perrie*
41. Épaisseur de la glace marine  
*S.J. Prinsenbergh*
- D. RESSOURCES VIVANTES**
1. Circulation au large du sud-ouest de la Nouvelle-Écosse : L'expérience du cap de Sable  
*P.C. Smith, K. Tee, R.W. 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, B.D. Petrie*
3. Surveillance à long terme du courant du Labrador sur le banc Hamilton  
*J.R.N. Lazier*
4. Surveillance à long terme de la température  
*D.N. Gregory, B.D. Petrie, E. Verge*
5. Conception d'une installation de télédétection  
*C.S. Mason, B. Topliss, L. Payzant*
6. Échanges horizontaux et verticaux sur le platier du Grand Banc  
*J.W. Loder, C.K. Ross*
7. Capteurs biologiques remorqués  
*A. Herman*
8. Propriétés optiques des eaux  
*B. Topliss*
9. Instruments de mesures biologiques pour l'Arctique  
*A. Herman, D. Knox*
10. Treuil automatique pour échantillonneurs à plancton remorqués  
*M. Mitchell, J.-G. Dessureault, A. Herman, S. Young, D. Harvey*
11. Balayage acoustique multifréquence de la colonne d'eau  
*N.A. Cochrane*
12. Détermination de l'âge des poissons par la mesure de  $Pb^{210}/Ra^{226}$  dans les otolithes  
*J.N. Smith*
13. Taux de croissance du pétoncle géant (*Plactopen magellanicus*) mesuré par les isotopes de l'oxygène  
*F.C. Tan, D. Roddick*
14. Effets de l'écoulement de la baie d'Hudson sur la plate-forme du Labrador  
*K. Drinkwater*
15. Études sur le transport et la diffusion des larves  
*R.W. Trites, T.W. Rowell, E.G. Dawe*
16. Variabilité climatique dans les zones de l'OPANO  
*R.W. Trites, K. Drinkwater*
17. Variabilité environnementale – Corrélations, configurations et échelles de réaction  
*K. Drinkwater, R.W. Trites*
18. Fjords de l'île de Baffin  
*R.W. Trites*
19. Variabilité et origine de la couche froide intermédiaire sur les plates-formes du Labrador et de Terre-Neuve  
*S.A. Akenhead, J.R.N. Lazier, J.W. Loder, B.D. Petrie*
20. Cartographie de la distribution des particules au moyen d'un engin téléguidé  
*D.L. McKeown, D. Sameoto, N.S. Oakey, G. Steeves*
21. Identification des caractéristiques de l'océan au moyen de techniques de représentation à spectres multiples, à distance et sur place  
*B. Topliss*
22. Enregistreur de TLC (Température, Lumière, Courant)  
*J.-G. Dessureault, B. Beanlands*
23. 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.L. Bugden*
24. Océanographie physique en conjonction avec le programme d'établissement du profil du phytoplancton  
*G.L. Bugden*
25. Classification des estuaires, anses et enfoncements de la côte  
*R.W. Trites, B.D. Petrie*
26. Océanographie de la région de Quoddy  
*R.W. Trites*
27. Études sur le port de Halifax  
*D.J. Lawrence, B.D. Petrie*
28. Défecteurs de lobes secondaires des profileurs acoustiques de courant Doppler  
*D. Belliveau*
29. Sonar d'avant-garde à multifréquences  
*N.A. Cochrane*
30. Conception d'un modèle aux éléments finis pour la circulation dans la zone côtière et sur la plate-forme  
*D. Greenberg*
31. Compteur de particules au laser  
*A. Herman, E.F. Phillips, D. Knox, M. Mitchell, S. Young*
32. Détecteur optique de microzooplancton  
*A. Herman, E.F. Phillips, D. Knox, M. Mitchell, S. Young*
33. Diagnostic des problèmes de mesure des courants par gros flux au moyen de courantomètres à ailettes Aanderaa  
*J.M. Hamilton, G.A. Fowler*
34. Études de la dérive lagrangienne en trois dimensions au large du sud-ouest de la Nouvelle-Écosse  
*K. Tee, P.C. Smith*
35. Échelles spatiales et temporelles de la variabilité des courants sur le banc Western  
*K. Drinkwater, J.W. Loder*
36. Caractéristiques de la variabilité du climat dans la masse d'eau de la plate-forme néo-écossaise, région de Scotia-Fundy  
*K. Drinkwater, J.W. Loder, B.D. Petrie, P.C. Smith*
37. Fluoromètre à fibres optiques  
*M. Mitchell, A. Herman, S. Young*
38. Système de levés benthiques – Plate-forme  
*D.L. McKeown*
- E. BIOCHIMIE**
1. Géochimie des métaux-traces dans les zones estuariennes et côtières  
*P. Yeats, D.H. Loring*
2. Géochronologie et géochimie des sédiments dans le fjord du Saguenay  
*J. Smith*
3. Géochimie des métaux-traces dans les zones de mélange estuariennes  
*P. Yeats, J. Dalziel*
4. Géochimie des métaux-traces dans l'Atlantique nord  
*P. Yeats, J. Dalziel*
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. Mise au point de méthodes d'étude des organochlorés d'origine atmosphérique dans l'Atlantique nord-ouest et l'Arctique  
*R.F. Addison, G.C. Harding, B.T. Hargrave*
9. Transport des métaux-traces dans l'Atlantique ouest  
*P. Yeats*

10. Hydrocarbures à faible poids moléculaire : contribution possible aux besoins en carbone et en énergie des pétoncles des eaux du large et des proies des jeunes gadidés sur le banc Georges  
*E.M. Levy, F.C. Tan, K. Lee*
11. Contribution des émissions naturelles à la productivité benthique de la plate-forme continentale au large de l'île de Baffin  
*E.M. Levy, F.C. Tan, K. Lee*
12. Définition des conditions de dépôt à partir des spectres granulométriques des sédiments abyssaux  
*K. Kranck*
13. Rôle de la floculation dans le flux de particules au sein du milieu marin  
*K. Kranck*
14. Réactivité chimique dans les couches océaniques de surface  
*P. Strain*
15. Composition et réactions des matières colloïdales marines  
*S. Niven*

## F. TOXICOLOGIE, CONTAMINANTS ET HABITAT

1. Programme canadien des normes de chimie analytique marine  
*J.M. Bewers, J. Uthe, P. Yeats, D.H. Loring*
2. Activités internationales  
*J.M. Bewers, P.A. Yeats, D.H. Loring, J. Uthe, R. Misra, R.F. Addison*
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. Uthe, R. Misra, C.L. Chou, N. Prouse*
5. Évaluation de l'habitat et recherche connexe – Pluies acides  
*J. Uthe, 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, L. Burridge, B.A. Waiwood*
12. Études des toxines amino-acidiques des mollusques  
*R. Pocklington*
13. Toxines des mollusques – Techniques et améliorations  
*V. Zitko*

## DIRECTION DE L'HYDROGRAPHIE

### A. HYDROGRAPHIE

1. Levés des côtes et des ports (provinces de l'Atlantique) :  
Port de Grave (T.-N.)  
De Twillingate à l'île Fogo (T.-N.)  
De l'île Black à Twillingate (T.-N.)  
Botwood (T.-N.)  
Island Run Harbour (T.-N.)  
Approches de Twillingate (T.-N.)  
*J. Goodyear*  
Baie de Bonavista (T.-N.)  
*G. Rockwell, D. Blaney*  
Liscomb (N.-É.)  
Port de Halifax (N.-É.)  
*W. Burke*  
Petty Harbou (T.-N.)  
Southern Harbour (T.-N.)  
Cape Farewell (T.-N.)  
Change Island Tickle (T.-N.)  
De l'île de South Twillingate à l'île Black (T.-N.)  
Baie de St. Margaret (N.-É.)  
*J. Goodyear*
2. Levés des côtes et des ports (Labrador) :  
Smokey, Punch Bowl, Fox Harbour  
*J. Goodyear*
3. Levés multidisciplinaires au large :  
Plate-forme néo-écossaise (N.-É.)  
*G. Rockwell*
4. Levés acoustiques – Ports et havres de la côte atlantique :  
Port de Sydney (N.-É.)  
Chéticamp (N.-É.)  
Corner Brook (T.-N.)  
Port aux Choix (T.-N.)  
Port Saunders (T.-N.)  
Meteghan (N.-É.)  
St. John's (T.-N.)  
Saint John (N.-B.)  
Baie de Conception (T.-N.)  
Stephenville (T.-N.)  
Port de Halifax (N.-É.)  
*J. Ferguson*

Point Tupper (N.-É.)  
Neils Harbour (N.-É.)  
Cow Head (T.-N.)  
Port aux Basques (T.-N.)  
Port de Sydney (N.-É.)  
*B. MacGowan*

5. Levés de révision :  
Fredericton (N.-B.)  
Baie Belle Isle (N.-B.)  
Fleuve Saint-Jean (N.-B.)  
Lunenburg (N.-É.)  
Caribou (N.-É.)  
Graham's Pond (Î.-P.-É.)  
Cardigan (Î.-P.-É.)  
*R. Hasse*

### B. MARÉES, COURANTS ET NIVEAUX DE L'EAU

1. Soutien permanent aux levés et à la production de cartes du SHC  
*C.T. O'Reilly, C.P. McGinn, G. Lutwick, F. Carmichael, R. Palmer*
2. Réseau permanent des marégraphes et des indicateurs de niveau de l'eau  
*C.T. O'Reilly, C.P. McGinn, G. Lutwick, F. Carmichael, R. Palmer*
3. Révision et mise à jour des Tables des marées et des Instructions nautiques  
*C.T. O'Reilly, R. Palmer*
4. Soutien aux activités scientifiques et techniques  
*C.T. O'Reilly, C.P. McGinn, G. Lutwick, F. Carmichael, R. Palmer*

### C. PRODUCTION DE CARTES MARINES

1. Production de cartes  
16 nouvelles cartes  
6 nouvelles éditions  
10 annexes graphiques  
125 Avis aux navigateurs  
*S. Weston, F. Miller, A. Hantzis, E. Lischenski*
2. Publication d'instructions nautiques pour la Nouvelle-Écosse (côte Atlantique) et la baie de Fundy  
*S. Weston, R. Pietrzak*

### D. GESTION ET PLANIFICATION DES DONNÉES

1. Levé hydrographique à grande distance et plans de production de cartes  
*S. Grant, G. Henderson, G. Rockwell*
2. Mise à jour et tenue du système de gestion des données du répertoire principal du Centre de données hydrographiques  
*K. MacDonald, S. Nickerson, J. Lockhart*

Interaction avec la Section de validation

*K. MacDonald, S. Nickerson,*

*J. Lockhart*

Conception d'un système national de gestion des dossiers

*K. MacDonald*

Renumerotation (nombres compatibles avec le système international de traitement de l'information scientifique)

*C. Day-Power, J. Lockhart,*

*J. Griffin*

3. Validation de nouvelles cartes et nouvelles éditions

Nouvelles cartes :

4209 Ports de Lockeport et de Shelburne

7482 De l'île Winter au cap Germain

4170 Glace Bay

7489 De Longstaff Bluff au chenal Navy

4116 De Black's Harbour à Saint John

7481 Chenal Foxe

*D. Fleming, B. McCorrison, M. Jay,*

*D. Nicholson*

Nouvelles éditions :

4391 Du banc Conquerall à Bridgewater

4395 De Riverport au banc Conquerall

4145 Du barrage de Mactaquac à Newburg Junction

4141 De Saint John à Evandale

*W. Burke, F. Burgess, P. Parks,*

*D. Nicholson*

Validation d'instructions nautiques, diagrammes, annexes graphiques, Avis aux navigateurs

*D. McCarthy, F. Burgess,*

*B. McCorrison, J. Ferguson,*

*W. Burke, P. Parks, K. MacDonald,*

*D. Nicholson*

4. Navigation :

Entretien du BIONAV et services aux usagers

*H. Boudreau*

Établissement de grilles LORAN-C

*N. Stuijbergen*

Navigation – Services aux usagers et formation

*H. Boudreau, N. Stuijbergen*

5. Systèmes de gestion des données :

Conception et essai du code hydrographique hydrospatial (code HH)

*H. Varma, H. Boudreau*

Transfert du code HH à ORACLE Canada Ltd.

*P. Bellemare, S. Grant*

## E. ACTIVITÉS HYDROGRAPHIQUES

- Développement et coordination de la recherche  
*R.G. Burke*
- Système de cartographie des zones océaniques côtières  
*R.G. Burke, G. Costello*
- Traitement de grands ensembles de données  
*S. Forbes, G. Costello*
- Mise en oeuvre d'un réseau local du SHC  
*S. Forbes*
- Amélioration des techniques de cartographie assistée par ordinateur  
*S. Forbes, K. White*
- Soutien et coordination informatiques  
*R.G. Burke, S. Forbes*

## MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE, DES MINES ET DES RESSOURCES

### CENTRE GÉOSCIENTIFIQUE DE L'ATLANTIQUE

#### A. PROGRAMME DE GÉOLOGIE CÔTIÈRE

- Géotechnique de la zone côtière de la mer de Beaufort  
*S. Solomon*
- Cartographie géologique de la zone côtière  
*R. Taylor*
- Dynamique des sédiments et processus de dépôt dans la zone côtière  
*D. Forbes*
- Changements relatifs du niveau de la mer et répercussions sur les côtes  
*J. Shaw*
- Sédiments et minéraux non combustibles de la zone semi-hauturière – MDA 2 Nouvelle-Écosse  
*G. Fader*
- Sédiments et minéraux de l'intérieur de la plate-forme au large de Terre-Neuve  
*D. Forbes*

#### B. GÉOLOGIE DES ANSES CÔTIÈRES

- Étude des propriétés des sédiments du littoral dans la baie de Fundy  
*C. Amos*
- Transfert des sédiments du continent vers la plate-forme continentale (SEDFLUX)  
*J. Syvitski*
- Réaction thermique des foraminifères benthoniques de la zone semi-hauturière  
*C. Schafer*

## C. GÉOLOGIE DU SUD-EST DE LA MARGE CANADIENNE

- Géologie du substrat rocheux et des dépôts meubles des Grands Bancs de Terre-Neuve et de la plate-forme néo-écossaise  
*G. Fader*
- Compilations informatisées de données de cartes géologiques du large de l'est canadien  
*G. Fader*
- Aspects techniques de la géologie de la plate-forme continentale de l'Atlantique  
*R. Parrott*
- Processus géologiques du quaternaire sur la marge continentale  
*D. Piper*
- Affouillement des plates-formes continentales par les glaces  
*M. Lewis*
- Étude des propriétés physiques des plates-formes et des talus continentaux de l'est et de l'Arctique canadiens  
*K. Moran*
- Processus géologiques du quaternaire sur les talus continentaux  
*D. Piper*
- Stabilité et transport des sédiments sur les plates-formes continentales  
*C. Amos*

#### D. GÉOLOGIE DE L'EST DE L'ARCTIQUE ET DU SUBARCTIQUE

- 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*
- Échantillonnage et étude des sédiments de l'île de glace  
*P. Mudie*
- Paléo-écologie quantitative du quaternaire dans l'est du Canada  
*P. Mudie*
- Méthodes de biostratigraphie du quaternaire dans l'étude des sédiments marins  
*G. Vilks*
- Géologie superficielle, géomorphologie et glaciologie du golfe du Saint-Laurent, de la plate-forme du Labrador et de la baie d'Hudson  
*H. Josenhans*
- Variations temporelles et spatiales des courants profonds dans l'ouest de la mer du Labrador  
*C. Schafer*
- Chronologie de la pollution au XXe siècle – Estuaire du bas-Saint-Laurent  
*C. Schafer*

## E. GÉOLOGIE DE L'ARCTIQUE OCCIDENTAL

1. Géologie et géomorphologie des dépôts meubles – Plate-forme continentale de la mer de Beaufort  
*S. Blasco*

## F. 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*

## G. 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*

## H. ÉVALUATION DES RESSOURCES D'HYDROCARBURES

1. Inventaire des hydrocarbures des bassins sédimentaires de l'est canadien  
*D. McAlpine*
2. Études de la maturation  
*D. McAlpine*
3. Études de la surpression des bassins sédimentaires au large de l'est canadien  
*D. McAlpine*

## I. BIOSTRATIGRAPHIE

1. Zonation biostratigraphique (foraminifères, ostracodes) des roches mésozoïques et cénozoïques de la plate-forme de l'Atlantique  
*P. Ascoli*
2. Dinoflagellés de la fin du Crétacé-Cénozoïque – Projet de forage en mer profonde  
*G. Williams*

3. Stratigraphie quantitative en paléoocéanographie et dans l'analyse des bassins pétroliers  
*F. Gradstein*

## J. BASE DE DONNÉES GÉOLOGIQUES

1. Versement des échantillons et données aux archives  
*I. Hardy*
2. Base de données du palynologique  
*G. Williams*
3. Base de données – Puits de la côte est  
*G. Williams*

## K. PROGRÈS DE LA 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*

## L. TRAVAUX BIOLOGIQUES SPÉCIAUX

1. Atlas des bassins du large de l'est canadien  
*D. Ross*
2. Géologie du substrat rocheux de la baie d'Hudson et du golfe du Saint-Laurent  
*A. Grant*
3. Programme de forage en mer (Planification)  
*D. Ross*
4. Formulation d'avis scientifiques à l'intention des pays en développement  
*D. Ross*

## M. ÉTUDE DES STRUCTURES GÉOLOGIQUES PROFONDES

1. Sismique-réfraction dans l'océan Arctique et mesures géophysiques connexes  
*R. Jackson*
2. Évolution des eaux profondes et des bassins sédimentaires adjacents au large de l'est du Canada et à l'ouest du Groenland  
*S. Srivastava*
3. Propriétés de l'écorce  
*M. Salisbury*

4. Étude géophysique de la région du golfe du Saint-Laurent  
*F. Marillier*
5. Études de sismique-réflexion marine profonde au large de l'est du Canada  
*C. Keen*

6. Sismique-réfraction dans la mer du Labrador et la baie de Baffin  
*R. Jackson*
7. Études sismiques des marges continentales et des bassins océaniques de l'Atlantique nord  
*I. Reid*
8. Modélisation dynamique des bassins cratoniques – Bassins d'Hudson et de l'ouest du Canada  
*R. Courtney*
9. Programme de forage des fonds marins dans la mer du Labrador et dans la baie de Baffin  
*S. Srivastava*

## N. MODÉLISATION GÉOPHYSIQUE THÉORIQUE

1. Processus d'accrétion et développement des marges continentales passives  
*C. Keen*

## O. ANALYSE DE BASSINS ET GÉOLOGIE DU PÉTROLE

1. Compilation de données géoscientifiques recueillies dans les bassins du paléozoïque supérieur du sud-est du Canada  
*R. Howie*
2. Évolution lithologique et migration des fluides des bassins océaniques de l'est du Canada  
*A. Fricker*
3. Atlas palynostratigraphiques  
*R. Fensome*
4. Géologie régionale des roches mésozoïques et cénozoïques des marges continentales de l'Atlantique  
*J. Wade*
5. Stratigraphie et sédimentologie des roches mésozoïques et tertiaires de la marge continentale de l'Atlantique  
*L. Jansa*
6. Évolution des bassins sédimentaires de la marge continentale de Terre-Neuve, du Labrador et de la baie de Baffin  
*D. McAlpine*
7. Modélisation des hydrocarbures au large de l'est du Canada  
*M. Williamson*

**ENVIRONNEMENT CANADA**  
**RÉGION DE L'ATLANTIQUE**

**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, sternes et cormorans)  
*A.R. Lock*
2. Études de la reproduction et de la survie des sternes, et gestion à des fins d'accroissement de la population  
*A.R. Lock*
3. Utilisation de l'habitat et populations hivernales des oiseaux fréquentant les terres humides de la côte pacifique du Mexique  
*A.R. Lock*
4. Impacts de la pollution marine sur les oiseaux de mer  
*A.R. Lock*
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. Distribution et abondance des oiseaux de mer nicheurs dans le nord-est de l'Amérique du Nord  
*D.N. Nettleship*
8. Élaboration de méthodes de gestion des populations d'oiseaux de mer menacées de disparition  
*D.N. Nettleship*

9. Les oiseaux de mer comme indicateurs des changements survenant dans le milieu marin  
*D.N. Nettleship*
10. Interactions entre les oiseaux de mer et les pêches commerciales  
*D.N. Nettleship*
11. Marmettes de Brunnich (*Uria lomvia*) dans l'Extrême-Arctique canadien : Situation, changements récents et gestion  
*D.N. Nettleship*
12. Modélisation des effets de la chasse sur les marmettes de Brunnich (*Uria lomvia*) qui nichent dans l'est du Canada et l'ouest du Groenland  
*D.N. Nettleship, J.W. Chardine*
13. Réinsertion du macareux moine (*Fratercula arctica*) dans ses anciens lieux de nichage du Maine  
*D.N. Nettleship, S. Kress*
14. Étude des populations d'alcidés de l'île Machias Seal (N.-B.)  
*D.N. Nettleship*
15. Éducation et conservation des oiseaux de mer : Cadre d'action  
*D.N. Nettleship, K.A. Blanchard*
16. Répertoire des principaux lieux fréquentés par les oiseaux de mer nicheurs et non nicheurs dans le Canada atlantique  
*R.G.B. Brown*
17. Étude des changements récents dans les habitudes de migration d'automne du phalarope roux et du phalarope hyperboréen (*Phalaropus fulicarius* et *P. lobatus*) dans la baie de Fundy  
*R.G.B. Brown*
18. Réduction des pertes de moules d'élevage dues aux canards de mer  
*E.H.J. Hiscock*

**B. ÉTUDES LIMNOLOGIQUES 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. Élaboration 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*

**LABORATOIRE RÉGIONAL  
 (PROTECTION DE  
 L'ENVIRONNEMENT)**

1. Toxicité sublétales du chlorthanil et de son principal métabolite  
*K.G. Doe, J.D.A. Vaughan*
2. Influence du pH, de la température et de l'oxygène dissous sur la toxicité du trichlopyr  
*J.D.A. Vaughan*
3. Élaboration de méthodes d'analyse de la toxicité  
*K.G. Doe, S.J. Wade*
4. Surveillance des moules – Analyse chimique  
*P.A. Hennigar*
5. Amélioration des méthodes d'analyse d'identification des hydrocarbures faisant appel au dépistage biologique par la chromatographie en phase et la spectrométrie de masse  
*P.A. Hennigar*
6. Analyse du thiophanate-méthyl dans des échantillons environnementaux  
*P.A. Hennigar*
7. Analyse du plomb dans les sédiments, dans l'eau et dans les tissus des canards  
*O.C. Vaidya*
8. Conformité aux exigences en matière d'émissions industrielles (Loi sur les pêches et Loi canadienne sur la protection de l'environnement)  
*O.C. Vaidya, P.A. Hennigar, K.G. Doe*
9. Identification des congénères des BPC dans les pigments de peinture  
*P.A. Hennigar*

# Missions des navires

---

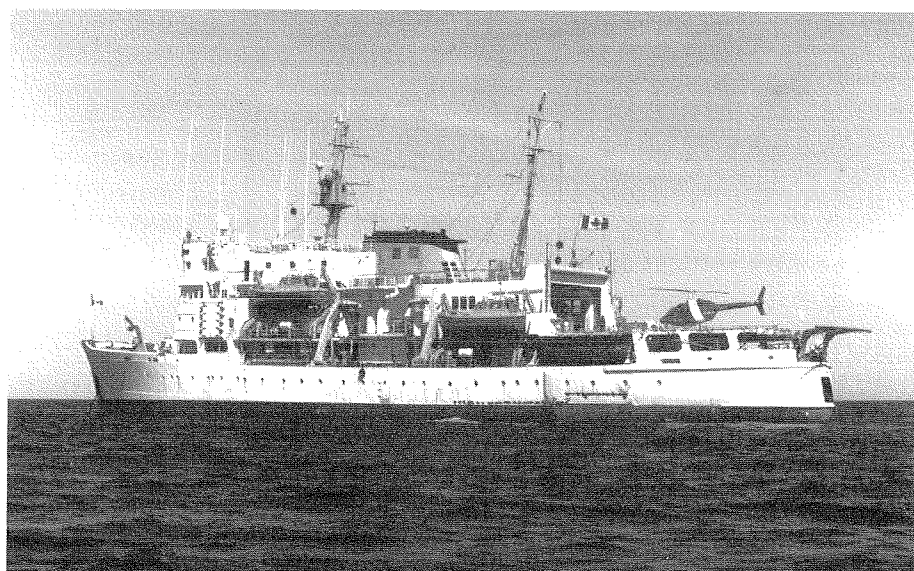
La présente section décrit les navires que le ministère des Pêches et des Océans, région de Scotia-Fundy, exploite à des fins de recherche scientifique et de levés hydrographiques. Elle énumère également les missions et les recherches entreprises par ces navires en 1990 et 1991. Il y est aussi fait état 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 d'EMR ont participé.

On y utilise les abréviations suivantes :

- CGA Centre géoscientifique de l'Atlantique
- DSB Direction des sciences biologiques
- SHC Direction de l'hydrographie, Service hydrographique du Canada
- GPH Gestion des pêches et de l'habitat
- INRS Institut de recherche scientifique
- DÉLTM Direction de l'évaluation et de la liaison, travaux maritimes
- DSM Division des services maritimes
- PRSMN Programme de recherche sur la morue du Nord
- DSPC Direction des sciences physiques et chimiques

Le **N.S.C. BAFFIN** était un navire à propulsion diesel équipé pour les levés hydrographiques, mais qui servait aussi à l'océanographie générale. Il appartenait au MPO et était exploité par la région de Scotia-Fundy du Ministère. Il a été retiré du service en 1991.

Coque ..... classe Lloyds Ice I  
 Construit en ..... 1956  
 Longueur ..... 86,9 m  
 Largeur ..... 15,1 m  
 Tirant d'eau ..... 5,7 m  
 Du franc-bord au pont de travail ... 3,3 m  
 Déplacement ..... 4 987 tonnes  
 Jauge brute ..... 3 511 tonnes  
 Vitesse maximale ..... 15,5 noeuds  
 Vitesse de croisière ..... 10 noeuds  
 Autonomie ..... 76 jours  
 Distance franchissable à la vitesse  
 de croisière ..... 18 000 milles marins  
 Équipe hydrographique ..... 29 personnes  
 Deux hélices  
 Propulseur d'étrave  
 pour le maintien de la position  
 Ordinateur Micro-VAX  
 Plate-forme et hangar à hélicoptère  
 Salles de dessin et de traçage, et laboratoire  
 Six vedettes hydrographiques  
 En 1990, 201 jours en mer et 20 705 milles marins parcourus  
 Désarmé en 1991.



ANNÉES ET NUMÉROS	DATES DE MISSION	CHEFS DE MISSION	ENDROITS DE MISSION	OBJECTIFS DE MISSION
	<b>1990</b>			
89-41	25 mars - 14 avril	C. Tang, DSPC	Est de Terre-Neuve, marge de glace	LIMEX – Interactions mer-glace
90-04	24 - 28 avril	B. Loncarevic, CGA	Grands Bancs de Terre-Neuve	Géologie
90-04b	29 avril - 8 mai	B. DeYoung, Université Memorial	Baie de Conception	COPE – Océanographie physique
90-06	9 mai - 6 juill.	C. Rockwell, SHC	Baie de Bonavista	Cartes hydrographiques
90-17	23 juill. - 4 oct.	E. Thompson, SHC	Baie d'Hudson	Cartes hydrographiques
90-24	4 - 20 oct.	H. Josenhans, CGA	Baie d'Hudson, rivière Great Whale	Géophysique : processus survenant sur le fond de mer à l'embouchure de la rivière; collecte de données fondamentales sur l'environnement
90-29	31 oct. - 5 déc.	G. Rockwell, SHC	Plate-forme néo-écossaise	Étude géophysique commune du CGA et du SHC, et cartes hydrographiques en haute mer

Le **N.S.C. DAWSON** était un navire à propulsion diesel conçu et utilisé pour la recherche océanographique multidisciplinaire, les levés hydrographiques et la manutention des batteries d'instruments mouillées en eau profonde et sur les hauts-fonds. Il appartenait au MPO et était exploité par la région de Scotia-Fundy du Ministère. Il a été retiré du service en 1991.

Coque ..... acier  
 Construit en ..... 1967  
 Longueur ..... 64,5 m  
 Largeur ..... 12,2 m  
 Tirant d'eau ..... 4,6 m  
 Du franc-bord au pont de travail ... 1,5 m  
 Déplacement ..... 2 007 tonnes  
 Jauge brute ..... 1 311 tonnes  
 Vitesse maximale ..... 14 noeuds  
 Vitesse de croisière ..... 10 noeuds  
 Autonomie ..... 45 jours  
 Distance franchissable à la vitesse  
 de croisière ..... 11 000 milles marins  
 Équipe scientifique ..... 13 personnes  
 Deux hélices  
 Propulseur d'étrave pour le maintien de la position  
 Salle d'informatique  
 Plate-forme et hangar à hélicoptère  
 Quatre laboratoires d'une superficie utile  
 totale de 87 m<sup>2</sup>  
 Une vedette hydrographique  
 En 1990, 172 jours en mer et 22 037 milles marins parcourus  
 En 1991, 192 jours en mer et 24 296 milles marins parcourus. Désarmé le 15 décembre 1991.



ANNÉES ET NUMÉROS	DATES DE MISSION	CHEFS DE MISSION	ENDROITS DE MISSION	OBJECTIFS DE MISSION
	<b>1990</b>			
89-36	2 - 7 janv.	R. Lively, DSPC	Golfe du Saint-Laurent	Océanographie physique (profils CTP) à l'appui d'études de prévision des glaces
90-02	5 - 12 avril	D. Piper, CGA	Talus du sud-ouest de la plate-forme néo-écossaise	Géophysique; études sismiques et carottage entre le bord de la plate-forme et le glacis continental
90-03	25 - 27 avril	D. Lawrence, DSPC	Grands Bancs de T.-N., plate-forme néo-écossaise	Océanographie physique; mouillage d'instruments, profils CTP
90-05	3 - 15 mai	A. Herman, DSPC	Bassins de la plate-forme néo-écossaise	Production secondaire des bassins profonds : abondance et distribution du zooplancton
90-08	28 mai - 8 juin	S. Narayanan, DSPC, région de Terre-Neuve	Nord-est de la plate-forme de Terre-Neuve	Océanographie physique : mouillage de courantomètres, coupes CTP. Mission annulée en raison de difficultés mécaniques
90-12	29 juin - 11 juill.	J. Lazier, DSPC	Mer du Labrador	Océanographie physique : mesures CTP et mouillage de courantomètres
90-16	12 - 25 juill.	S. Narayanan, DSPC, région de Terre-Neuve	Nord-est de la plate-forme de Terre-Neuve	Étude océanographique annuelle
90-14a	2 août; 7 - 19 août	N. Oakey, DSPC D. McKeown, DSPC	Plate-forme néo-écossaise	Essais d'instruments et d'un véhicule télécommandé (ROV)
90-21	22 août - 10 sept.	R. Parrott, CGA	Grands Bancs de T.-N.	Géophysique, cartes de l'affouillement par les icebergs à l'aide d'un sonar à balayage latéral; stratigraphie sismique
90-25	13 - 21 sept.	E. Levy, DSPC	Banc Georges, plate-forme néo-écossaise	Distribution du méthane et absorption de particules par les pétoncles; mouillage d'instruments océanographiques

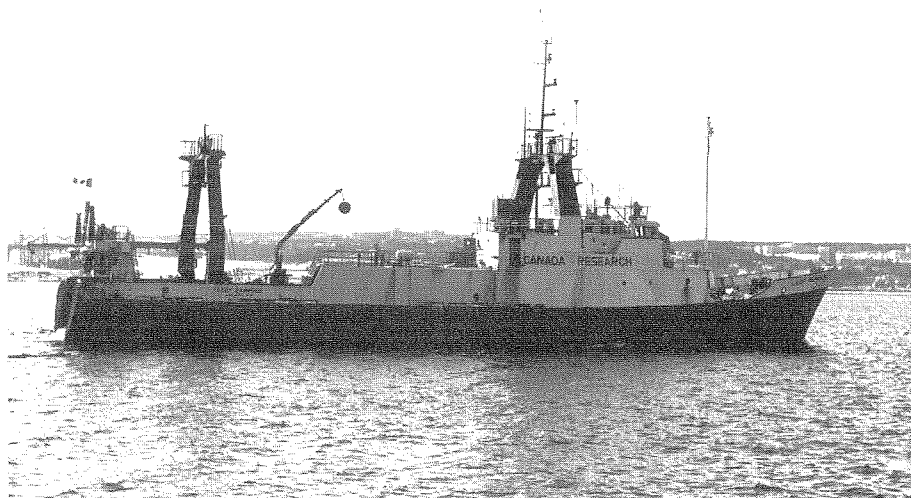


**N.S.C. DAWSON** suivre...

90-26	25 sept. - 5 oct.	D. Sameoto, DSB	Plate-forme néo-écossaise	Production secondaire des bassins profonds : abondance et distribution du zooplancton
90-14b	9 - 16 oct. ; 22 - 24 oct.	N. Oakey, DSPC D. Lawrence, DSPC	Plate-forme néo-écossaise	Essais d'instruments (sonde BUD); océanographie physique : mouillage de divers instruments
90-27	26 oct. - 9 nov.	S. Narayanan, DSPC région de Terre-Neuve	Baie de Trinity, nord-est de la plate-forme de T.-N.	Océanographie physique et biologique
90-30	16 - 26 nov.	R. Lively, DSPC	Golfe du Saint-Laurent	Observations annuelles d'océanographie physique pour les prévisions de glace
90-32	27 nov. - 9 dec.	J. Plourde, DSB région du Québec	Estuaire du Saint-Laurent	Océanographie chimique : pollution par le pétrole
<b>1991</b>				
90-41	18 - 22 févr.	D. Beliveau, DSPC	Plate-forme néo-écossaise, banc Western	Océanographie physique, mouillage d'instruments et mesures CTP
91-03	11 avril - 2 mai	K. Drinkwater, DSPC	Plate-forme néo-écossaise, banc Western	Océanographie physique associée au programme OPEN
91-11	7 - 21 mai	S. Narayanan, DSPC région de Terre-Neuve	Nord-est de la plate-forme de Terre-Neuve	Mouillage et levage de batteries de courantomètres, mesures CTP, marquage acoustique de morues
91-16	24 - 31 mai	D. Peer, DSB	Grands Bancs de T.-N., plate-forme néo-écossaise	Échantillonnage benthique de base dans le cadre d'une étude d'impact des chaluts
91-18	4 - 21 juin	G. Fader, CGA	Zone littorale de la Nouvelle-Écosse	Géologie : potentiel de minéraux et d'agrégats, échantillonnage des formations superficielles
91-26	24 juin - 8 juill.	J. Shaw, CGA	Plate-forme de Terre-Neuve	Géologie des formations superficielles de la zone littorale
91-29	10 - 19 juill.	A. Aksu, Université Memorial	Orphan Knoll, Cap Freels	Géologie : études sismiques, carottage par piston et carottage par gravité
91-30	20 juill. - 7 août	S. Narayanan, DSPC région de Terre-Neuve	Nord-est de la plate-forme de T.-N., banc Hamilton	Océanographie physique : mesures CTP, mouillage de courantomètres
91-35	26 - 29 août	D. Muschenheim, DSB	Banc Georges	Études des particules et des microbes des gisements de pétoncles
91-38	3 - 18 sept.	A. Herman, DSPC	Plate-forme néo-écossaise	Études du zooplancton : production, abondance et distribution dans les bassins profonds
91-41	24 - 27 sept. ; 30 sept. - 4 oct.	N. Oakey, DSPC	Plate-forme néo-écossaise	BUD, EPSONDE; mouillage d'instruments
91-46	8 - 22 oct.	J. Anderson, DSB région de Terre-Neuve	Baie de Conception et de Trinity, Div. 3KL de l'OPANO	Capelan et morue du groupe O; étude océanographique
91-42	25 - 28 oct.	J. Wroblewski, Université Memorial	Plate-forme de Terre-Neuve, baie de Bonavista	Télémesure des migrations de la morue entre les zones côtières et hauturières
91-52	1 - 20 nov.	S. Narayanan, DSPC région de Terre-Neuve	Nord-est de la plate-forme de T.-N., banc Hamilton	Océanographie physique : mouillage de courantomètres, coupes CTP
91-58	23 nov. - 5 déc.	R. Lively, DSPC	Golfe du Saint-Laurent	Étude océanographique annuelle de prévision des glaces
91-60	9 - 11 déc. ; 12 déc.	A. Herman, DSPC T. Rowell, DSB	Plate-forme néo-écossaise, bassin Émeraude, et Port de Halifax	Récupération de mouillages d'OPC; essais d'engins dans le cadre de l'étude d'impact des chaluts du PAPA

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  
 Du franc-bord au pont de travail ... 2,5 m  
 Déplacement ..... 930 tonnes  
 Jauge brute ..... 897 tons  
 Vitesse maximale ..... 15,0 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  
 En 1990, 177 jours en mer;  
 distance parcourue : n/d  
 En 1991, 151 jours en mer;  
 distance parcourue : n/d



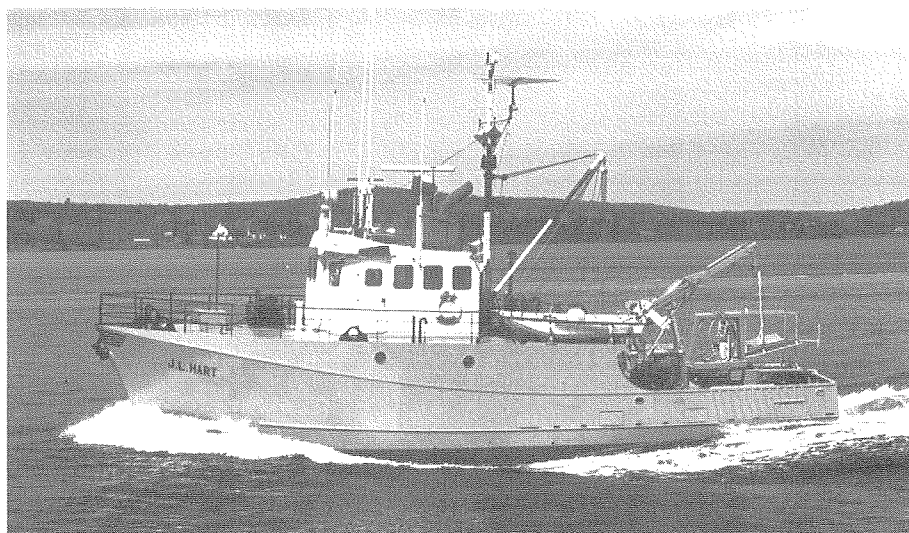
ANNÉES ET NUMÉROS	DATES DE MISSION	CHEFS DE MISSION	ENDROITS DE MISSION	OBJECTIFS DE MISSION
	<b>1990</b>			
90-H210	6 - 13 mai	B. Nakashima, DSB région de Terre-Neuve	Baie de Conception	Marquage du capelan
90-H211	14 - 22 mai	E. Dawe, DSB région de Terre-Neuve	Baie de Conception	Campagne d'évaluation du crabe des neiges et essais d'engins d'échantillonnage; études du recrutement
90-H212	23 - 31 mai	D. Taylor, DSB région de Terre-Neuve	Division 3K de l'OPANO	Campagne d'évaluation du crabe des neiges; étude de distribution
90-H213	1 - 6 juin	E. Dalley, DSB région de Terre-Neuve	Est de Terre-Neuve, div. 3KL de l'OPANO, baie de Conception	Marquage du capelan
90-H214	11 - 25 juin	J. McRuer, DSB	S.-O. de la Nouvelle-Écosse	Abondance de l'aiglefin juvénile
90-H215	27 juin - 7 juill.	R. Tallman, DSB région du Golfe	Golfe du Saint-Laurent	Campagne saisonnière pour déterminer la distribution et les migrations de la morue à divers moments de l'année
90-H216	26 juill. - 3 août	W. Hickey, GPH	Plate-forme néo-écossaise	Essais de chalut séparateur à crevettes; étude du comportement des engins et du poisson au moyen de prises de vue sous-marine et du SCANMAR
90-H217	6 - 17 août	J. Martell, DSB	Est de la plate-forme néo-écossaise	Distribution du vers de phoque parmi les poissons de fond. Surveillance des tendances
90-H218	20 - 31 août	D. Gascon, DSB région du Québec	Golfe du Saint-Laurent, div. 4RST de l'OPANO	Pêche comparative avec le <i>Alfred Needler</i> au cours de la campagne d'évaluation du sébaste et de la crevette dans 4RST

**LADY HAMMOND** suivre...

90-H219	3 - 21 sept.	D. Swain, DSB région du Golfe	Sud du golfe du Saint-Laurent	Campagne d'évaluation annuelle du poisson de fond de la div. 4T de l'OPANO
90-H220	24 sept. - 12 oct.	W. Hickey, GPH	Plate-forme néo-écossaise	Évaluation de chalutiers équipés de grilles et de panneaux séparateurs permettant de séparer le poisson de la crevette; prises de vue sous-marines de filets maillants perdus
90-H221	15 - 23 oct.	G. McClelland, DSB	Plate-forme néo-écossaise	Distribution du ver de phoque parmi les poissons de fond. Surveillance des tendances
90-222	27 oct. - 15 nov.	M. Power, DSB	Banc Georges	Surveillance du rétablissement des stocks de hareng du banc Georges par évaluation des larves et chalutage
90-223	19 - 30 nov.	M. Hansen, DSB	Sud du golfe du Saint-Laurent	Campagne d'évaluation saisonnière du poisson de fond
<b>1991</b>				
91-224	1 - 7 avril	D. Taylor, DSB	Grands Bancs de T.-N.	Campagne d'évaluation du crabe des neiges
91-225	10 - 17, 25 avril	P. Pepin, PRSMN région de Terre-Neuve	Plate-forme de Terre-Neuve	Programme de recherche sur la morue du nord; campagne d'évaluation de l'ichtyoplancton
91-226	3 mai	J. Anderson, PRSMN région de Terre-Neuve	Plate-forme de Terre-Neuve	Programme de recherche sur la morue du nord; campagne d'évaluation de l'ichtyoplancton
91-227	12 - 29 mai	G. Rose, PRSMN, région de Terre-Neuve	Plate-forme de Terre-Neuve	Faisabilité de l'obtention d'estimations acoustiques de la biomasse de morue du nord
91-228	1 - 15 juin	P. Pepin, PRSMN région de Terre-Neuve	Plate-forme de Terre-Neuve	Programme de recherche sur la morue du nord; campagne d'évaluation de l'ichtyoplancton
91-229	18 - 29 juin	J. Anderson, PRSMN région de Terre-Neuve	Plate-forme de Terre-Neuve	Programme de recherche sur la morue du nord; campagne d'évaluation de l'ichtyoplancton
91-230	1 - 8 juill.	J. Anderson, PRSMN région de Terre-Neuve	Plate-forme de Terre-Neuve	Programme de recherche sur la morue du nord; campagne d'évaluation de l'ichtyoplancton
91-230a	17 - 28 juill.	P. Koeller, DÉLTM	Est de la plate-forme néo-écossaise	Remplacement du <i>Alfred Needler</i> (en panne) dans sa campagne estivale d'évaluation du poisson de fond
91-231	1 - 23 sept.	D. Swain, DSB région du Golfe	Sud du golfe du Saint-Laurent	Campagne d'évaluation annuelle de l'abondance du poisson de fond
91-232	25 sept. - 6 oct.	B. Nakashima, DSB région de Terre-Neuve	Plate-forme de Terre-Neuve, div. 2J, 3K, 3L de l'OPANO	Marquage du capelan
91-233	9 - 20 oct.	L. Dickie, DSB	Plate-forme néo-écossaise, banc Western et banc de l'île de Sable	Étude acoustique de la morue et de l'aiglefin adultes, programme OPEN
91-234	22 - 25 oct.	G. McClelland, DSB	Est de la plate-forme néo-écossaise	Campagne d'évaluation du ver de phoque
91-235	27 oct. - 11 nov.	G. Melvin, DSB	Banc Georges	Étude du rétablissement des stocks de hareng du banc Georges, notamment évaluation des larves

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 campagnes d'évaluation de 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. Basé à la station biologique de St. Andrews, au Nouveau-Brunswick, il évolue principalement dans les eaux locales, soit dans les baies de Passamaquoddy et de Fundy.

Coque ..... acier  
 Construit en ..... 1974  
 Longueur ..... 19,8 m  
 Largeur ..... 6,1 m  
 Tirant d'eau ..... 3,65 m  
 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  
 En 1990, 107 jours en mer;  
 distance parcourue : 6 486 milles marins  
 En 1991, 79 jours en mer;  
 distance parcourue : 5 129 milles marins



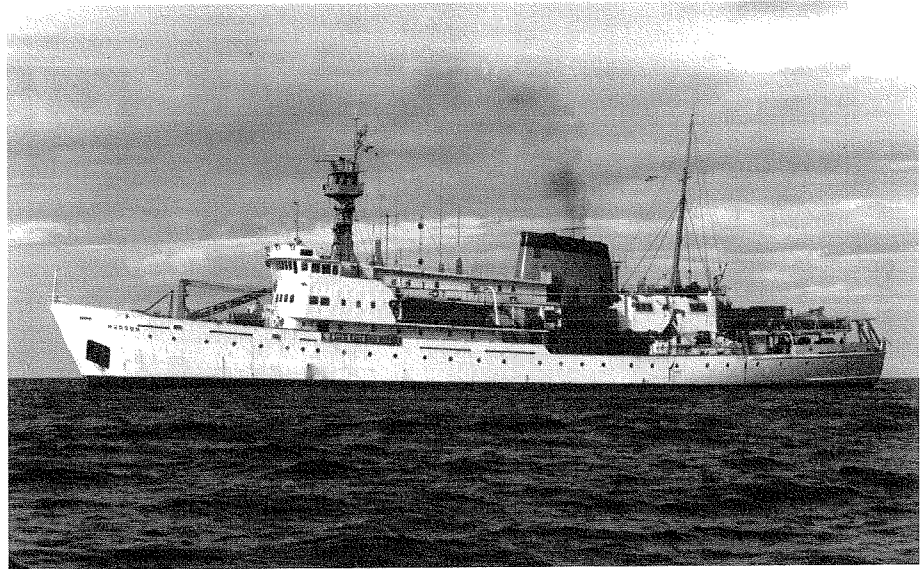
ANNÉES ET NUMÉROS	DATES DE MISSION	CHEFS DE MISSION	ENDROITS DE MISSION	OBJECTIFS DE MISSION
	<b>1990</b>			
90-79	17 - 19 avril	G. Fawkes, DSB région de Terre-Neuve	Baie de Passamaquoddy	Essais du BRUTIV
90-80	25 avril - 18 mai	K. Howes, DSB	Baie de Fundy	Collecte de poisson vivant à des fins de développement aquicole
90-81	11 - 14 juin	H. Sampson, DSB	Baie de Passamaquoddy	Collecte de poisson à des fins de nourriture pour des installations aquicoles
90-82	18 - 29 juin	M. Lundy, DSB	Baie de Fundy	Campagne d'évaluation du pétoncle
90-83	3 - 19 juill.	S. Robinson, DSB	Haute-baie de Fundy	Campagne d'évaluation du pétoncle
90-84	23 - 27 juill.	J. L. Martin, DSB	Baie de Fundy	Proliférations de phytoplancton toxique
90-85	30 juill. - 11 août	G. Chouinard, DSB région du Golfe	Golfe du Saint-Laurent	Campagne d'évaluation de la morue juvénile
90-86	13 - 25 août	R. Stephenson, DSB U. Buerkle, DSB	Golfe du Maine, baie de Fundy	Hareng juvénile : évaluation acoustique, structure des stocks
90-87	27 - 30 août	J. L. Martin, DSB	Baie de Fundy	Proliférations de phytoplancton toxique
90-88	4 - 14 sept.	S. Robinson, DSB	Baie de Fundy	Campagne d'évaluation du pétoncle
90-89	annulée			
90-90	24 - 25 sept.	J. L. Martin, DSB	Baie de Fundy	Proliférations de phytoplancton toxique
90-91	1 - 5 oct.	S. Robinson, DSB	Baie de Fundy	Essais d'engins de pêche du pétoncle
90-92	8 - 12 oct.	M. Lundy, DSB	Baie de Fundy	Campagne d'évaluation du pétoncle

**N.S.C. J. L. HART** suivre...

90-93	15 - 19 oct.	M. Strong, DSB	Baie de Passamaquoddy	Essais de chaluts pour fonds rocheux
<i>Nos 94, 95 et 96 inutilisés</i>				
<b>1991</b>				
91-97	13 mai - 7 juin	K. Howes, DSB	Baie de Fundy	Collecte d'aiglefin et de flétan vivants pour l'aquiculture
91-98	10 - 14 juin	P. Hurley, DSB	S.-O. de la Nouvelle-Écosse	Campagnes d'évaluation de l'abondance du poisson de fond dans la zone côtière
91-99	17 - 28 juin	E. Kenchington, DSB	Baie de Fundy	Campagne d'évaluation du pétoncle
91-100	2 - 12 juill.	K. Frank, DSB	S.-O. de la Nouvelle-Écosse	Campagne d'évaluation des gadidés juvéniles de la zone côtière
91-101	16 - 26 juill.	S. Robinson, DSB	Baie de Passamaquoddy	Campagne d'évaluation du pétoncle
91-102	29 juill. - 1 août	J.L. Martin, DSB	Baie de Fundy	Campagne d'évaluation des phytotoxines
91-103	6 - 8 août	P. Lawton, DSB	Baie de Fundy	Campagne d'évaluation du homard au chalut et en plongée
91-104	12 - 15 août	P. Hurley, DSB	Baie Sainte-Marie	Campagne d'évaluation des gadidés juvéniles de la zone côtière
91-105	25 - 29 août	E. Kenchington, DSB	Baie de Fundy	Campagne d'évaluation du pétoncle
91-106	3 - 10 sept.	S. Robinson, DSB	Grand Manan	Campagne d'évaluation du pétoncle

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 de l'Énergie, des Mines et des Ressources.

Coque ..... classe Lloyds Ice I  
 Construit en ..... 1962  
 Longueur ..... 90,4 m  
 Largeur ..... 15,2 m  
 Tirant d'eau ..... 6,3 m  
 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 m<sup>2</sup> de superficie de laboratoire  
 Quatre vedettes hydrographiques  
 En 1990, 206 jours en mer; distance parcourue : 30 008 milles marins  
 En 1991, 238 jours en mer; distance parcourue : 32 424 milles marins



ANNÉES ET NUMÉROS	DATES DE MISSION	CHEFS DE MISSION	ENDROITS DE MISSION	OBJECTIFS DE MISSION
<b>1990</b>				
<i>Première série de mission après le radoub de mi-vie.</i>				
89-37	2 - 29 janv.	R. Hendry, DSPC	Grands Bancs de T.-N., sud du bassin de T.-N., courant du Labrador	Océanographie physique : déterminer le transport d'eau dans le Gulf Stream, le courant du Labrador et le courant de l'Atlantique nord
89-38	19 fév. - 9 mars	K. Moran, CGA	Seuil des Bermudes et canyon de Baltimore	Étude de sédimentation; carottage en mer profonde et étude sismique
90-39	18 - 30 mars	C. Amos, CGA	Banc Georges	Étude du transport des sédiments
90-01	5 - 28 avril	T. Platt, DSB	Atlantique nord-ouest	Étude de la production planctonique et des flux de carbone à deux stations, dans le cadre de la JGOFS
90-07	7 - 27 mai	P. Mudie, CGA	Grands Bancs de T.-N., Orphan Knoll, Milne Seamount, bassin du nord de T.-N., talus de Terre-Neuve	Géophysique : bathymétrie, analyses sismiques et carottage en mer profonde dans le cadre d'étude de la pollution et d'études paléo-océanographiques
90-13	29 mai - 22 juin	C. Hillaire-Marcel, Université du Québec à Montréal	S.-O. du Groenland, N.-E. du Labrador	Géophysique : sismique-réflexion, sédimentologie, géochimie et biostratigraphie
90-15	10 - 31 juill.	D. Piper, CGA	St. Pierre, talus continental du sud-est de la plate-forme néo-écossaise	Géophysique : instabilité des talus continentaux et phénomènes sédimentaires
90-19	10 - 29 août	I. Reid, CGA	Marge continentale du Labrador	Géophysique : couches inférieures de la croûte terrestre et flux de chaleur

**N.S.C. HUDSON** suivre...

90-22	31 août - 18 sept.	C. Ross, DSPC	Détroit de Davis, baie de Baffin	Océanographie physique : mouillage de courantomètres, études CTP
90-23	18 sept. - 22 oct.	B. MacLean, ABC	Détroit d'Hudson	Géophysique : histoire glaciaire et climatique, transferts et taux d'accumulation des sédiments
90-28	30 oct. - 17 nov.	H. Josenhans, CGA	Golfe du Saint-Laurent	Géophysique : géologie du quaternaire
90-31	19 nov. - 5 déc.	G. Vilkes, CGA	Golfe du Saint-Laurent	Géophysique : histoire sédimentaire et océanographique glaciaire et postglaciaire
<b>1991</b>				
91-01	3 - 20 avril	T. Platt, DSB	Atlantique nord-ouest	Étude du développement des proliférations printanières dans le cadre de la JGOFS
91-07	24 avril - 4 juin	R. Hendry, DSPC	Atlantique nord	Océanographie physique et biologique dans le cadre de la JGOFS et de la WOCE
91-20	11 juin - 4 juill.	D. Piper, CGA	Bonnet Flamand, talus de la plate-forme néo-écossaise	Géophysique : étude sismique et carottage, étude des hydrates gazeux, distribution des dinoflagellés
91-27	6 - 26 juill.	F. Marillier, CGA	Détroit de Canso, Grands Bancs de T.-N.	Géophysique : étude sismique des couches appalachiennes profondes
91-39	15 août - 20 sept.	R. Jackson, CGA	Baie de Baffin, plate-forme du Labrador	Géophysique : étude de sismique-réfraction sur les marges continentales et en eau profonde
91-33	22 sept. - 12 oct.	R. Syvitski, CGA	Lac Melville	Géophysique : Arctic Delta Failure Experiment (ADFEX)
91-45	14 oct. - 7 nov.	A. de Vernal, Université du Québec à Montréal	Détroit de Davis, talus du Labrador, S.-O. du Groenland, mer du Labrador	Géophysique : sédimentologie de coupes transversales dans les eaux côtières et en haute mer
91-55	10 - 25 nov.	F. Dobson, DSPC	Grands Bancs de T.-N.	Étalonnage/validation du système radar à ouverture synthétique du satellite ERS-1
91-59	28 nov. - 10 déc.	P. Smith, DSPC	Grands Bancs de T.-N.	Océanographie physique : observations dans le cadre de CASP II

Le **N.S.C. MATTHEW** est un navire scientifique pluridisciplinaire utilisé essentiellement par le Service hydrographique du Canada. Construit au chantier naval Bersatile Pacific Shipyards en 1990, ce navire a été transféré de la région de Terre-Neuve à celle de Scotia-Fundy en mai 1991. 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  
 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  
 En 1991, 103 jours en mer;  
 distance parcourue : 5 662 milles marins



ANNÉES ET NUMÉROS	DATES DE MISSION	CHEFS DE MISSION	ENDROITS DE MISSION	OBJECTIFS DE MISSION
----------------------	---------------------	---------------------	------------------------	-------------------------

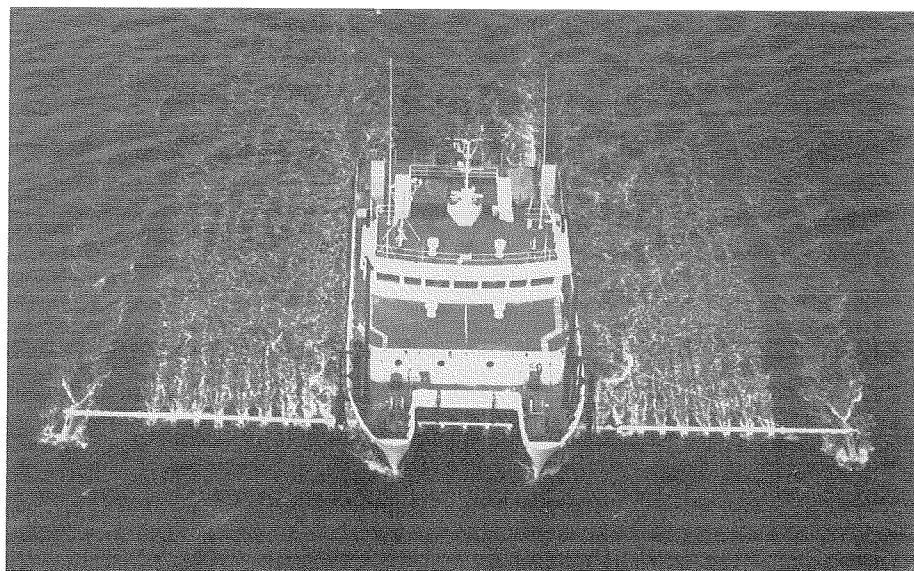
*Première série de missions sur le terrain du navire.*

	<b>1991</b>			
91-08	22 juin - 29 juill.; 9 août - 28 oct.	J. Goodyear, SHC	Côtes de la Nouvelle-Écosse et de Terre-Neuve	Cartes hydrographiques, essais du système Questar Tangent du SIHI
91-31	1 - 18 nov.	G. Costello, SHC	Baie de Conception	Essais de DOLPHIN



Le **N.S.C. F.C.G. SMITH** a effectué son voyage inaugural en 1986. Il 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  
 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  
 En 1990, 92 jours en mer;  
 distance parcourue : 3 685 milles marins  
 En 1991, 66 jours en mer;  
 distance parcourue : 766 milles marins



ANNÉES ET NUMÉROS	DATES DE MISSION	CHEFS DE MISSION	ENDROITS DE MISSION	OBJECTIFS DE MISSION
	<b>1990</b>			
90-09	30 avril - 28 juin	J. Ferguson, SHC	Côte atlantique de la Nouvelle-Écosse et de la baie de Fundy y compris le port de Halifax, la région de la rivière La Have, Meteghan (N.-É.) et Saint John (N.-B.)	Levés hydrographiques
90-20	16 juill. - 31 oct.	J. Ferguson, SHC	Côte de Terre-Neuve, y compris la baie de Conception et les ports de St. John's, Stephenville, Corner Brook, Port aux Choix et Port Saunders; Georgetown (Î.-P.-É.), port de Halifax, Chéticamp et Sydney (N.-É.)	Levés hydrographiques
	<b>1991</b>			
91-10	8 mai - 28 juill.	G. Henderson, SHC	Maritimes, y compris Point Tupper, Neils Harbour, Mulgrave, et Port Hawkesbury, (N.-É.); Souris et la baie de Cardigan (Î.-P.-É.)	Levés hydrographiques
91-32	9 sept. - 25 oct.	B. MacGowan, SHC	Côte de Terre-Neuve, y compris Cow Head, Port aux Basques et Burgeo Village	Levés hydrographiques

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.

Coque ..... bois  
 Construit en ..... 1968  
 Longueur ..... 19,8 m  
 Largeur ..... 5,85 m  
 Tirant d'eau ..... 3,25 m  
 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  
 En 1990, 116 jours en mer;  
 distance parcourue : 6 590 milles marins  
 En 1991, 138 jours en mer;  
 distance parcourue : 7 766 milles marins



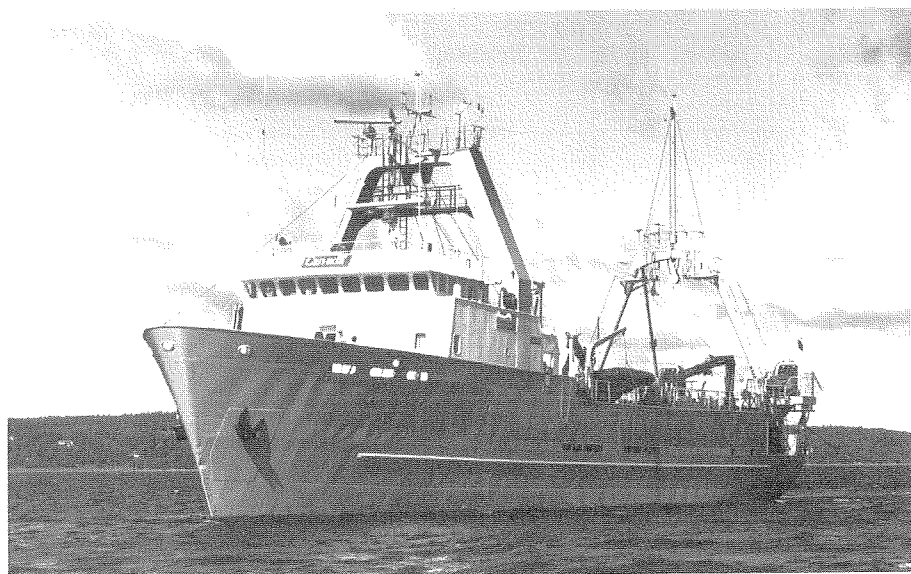
ANNÉES ET NUMÉROS	DATES DE MISSION	CHEFS DE MISSION	ENDROITS DE MISSION	OBJECTIFS DE MISSION
<b>1990</b>				
<i>Du 29 janvier au 8 avril, le Navicula a assuré la surveillance des pêches, en remplacement du Coquebid Bay, dans le sud-ouest de la Nouvelle-Écosse.</i>				
90-10	23 mai - 6 juin	G. Fader, CGA	Port de Halifax	Étude sismique
90-34	11 - 17 juill.	P. Vass, DSB	Baie de St. Margaret	Campagne d'évaluation du plancton et de la nourriture benthique du homard
90-35	23 juill. - 20 août	J. Shaw, CGA	Côte est de Terre-Neuve	Étude géophysique de la zone semi-hauturière
90-36	26 août - 21 sept.	R. Tallman, DSB région du Golfe	Sud du Golfe, détroit de Northumberland, banc Fisherman	Campagne d'évaluation du frai du hareng; comportement des poissons plats dans les frayères à hareng
90-37	24 - 27 sept.	D. Willis, DSPC	Port de Sydney	Interaction entre les systèmes d'enzyme et la charge d'hydrocarbure
90-38	9 - 25 oct.	R. Miller, CGA	Côte est de la Nouvelle-Écosse	Géologie de la couche superficielle, possibilités de récupération d'agrégats
90-39	30 oct. - 9 nov.	J. Smith, DSB région du Golfe	Est de l'Î.-P.-É.	Proliférations d'algues toxiques en relation avec les conditions environnementales
90-40	14 - 15 nov.	J. Buckland-Nicks, Université St. Francis-Xavier	Baie de St. Margaret	Collecte d'échantillons benthiques pour des études embryologiques
<b>1991</b>				
91-06	29 avril - 11 mai	T. Lambert, DSB	Côte est de la Nouvelle-Écosse, lac Bras d'Or	Programme de l'est de la plate-forme : campagne d'évaluation du plancton

## N.S.C. NAVICULA suivre...

91-09	14 - 16 mai, 24, 28, 30 mai	G. Fowler, DSPC	Port de Halifax	Essai de bouées météorologiques, courantomètres acoustiques, chaînes de thermistor, etc.
91-12	21 - 23 mai; 27 mai	D. Mossman, DSPC	Port de Halifax	Collecte d'échantillons benthiques, analyse des hydrocarbures dans le poisson et dans l'eau
91-17	30 mai - 7 juin	T. Lambert, DSB	Côte est de la Nouvelle-Écosse	Programme de l'est de la plate-forme : campagne d'évaluation du plancton
91-19	10 - 11 juin; 18 - 19 juin	D. Willis, DSPC	Baie St. George	Collecte d'hydrocarbures, échantillons de carrelet
91-21	20 - 25 juin	J. Smith, DSB région du Golfe	Anse Ballantyne, baie St. George	Collecte de phytoplancton aux fins d'étude des toxines
91-25	27 - 28 juin; 3 - 6 juill.	T. Lambert, DSB	Côte est de la Nouvelle-Écosse	Programme de l'est de la plate-forme : campagne d'évaluation du plancton
91-28	29 - 30 juill.	D. Mossman, DSPC	Port de Halifax	Collecte d'hydrocarbures, échantillons de carrelet
91-31	31 juill. - 18 août	J. Shaw, CGA	Côte nord-est de Terre-Neuve	Géologie des couches superficielles dans la zone côtière
91-37	26 août - 19 sept.	F. Gallant, DSB région du Golfe	Golfe du Saint-Laurent, banc Fisherman	Comportement du carrelet durant le frai du hareng
91-40	20 - 27 sept.	J. Smith, DSB région du Golfe	Golfe du Saint-Laurent, baie Cardigan et baie George	Collecte de phytoplancton aux fins d'étude des toxines
91-44	30 sept. - 10 oct.	T. Lambert, DSB J. McRuer	Baie de Sydney	Programme de l'est de la plate-forme : campagne d'évaluation de l'ichtyoplancton
91-51	16 oct. - 1 nov.	T. Lambert, DSB	Baie de Sydney	Programme de l'est de la plate-forme : campagne d'évaluation de l'ichtyoplancton
91-53	5 - 11 nov.	J. Smith, DSB région du Golfe	Golfe du Saint-Laurent, baie Cardigan	Collecte de phytoplancton aux fins d'étude des toxines
91-57	15 - 28 nov.	T. Lambert, DSB	Baie de Sydney	Programme de l'est de la plate-forme : campagne d'évaluation de l'ichtyoplancton

Le **N.S.C. 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 ..... 11,0 m  
 Tirant d'eau ..... 4,9 m  
 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  
 En 1990, 188 jours en mer;  
 distance parcourue : 25 419 milles marins  
 En 1991, 215 jours en mer;  
 distance parcourue : 29 071 milles marins



ANNÉES ET NUMÉROS	DATES DE MISSION	CHEFS DE MISSION	ENDROITS DE MISSION	OBJECTIFS DE MISSION
<b>1990</b>				
89-N131	5 - 26 janv.	U. Buerkle, DSB	Baie de Chedabucto	Campagne d'évaluation acoustique du hareng
89-N132	1 - 14 fév.	G. McClelland, DSB	Plate-forme néo-écossaise	Campagne d'évaluation du ver de phoque
89-N133	19 fév. - 9 mars	J. Hunt, DSB	Banc Georges	Campagne d'évaluation du poisson de fond au chalut
89-N134	13 - 22 mars	P. Fanning, DSB	Est de la plate-forme néo-écossaise	Campagne d'évaluation du poisson de fond au chalut
89-N135	26 - 30 mars	M. Showell, DSB	Plate-forme néo-écossaise	Formation des observateurs internationaux
90-N136	9 - 12 avril	M. Showell, DSB	Plate-forme néo-écossaise	Formation des observateurs internationaux
90-N137	18 - 26 avril	I. Perry, DSB	Banc Georges	Icthyoplancton; hydrographie
90-N138	mai - juin	W. Cottle, DSM	Halifax	Installation d'une salle des machines ne nécessitant pas d'entretien
90-N139	3 - 19 juill.	P. Fanning, DSB	Baie de Fundy, plate-forme néo-écossaise	Campagne d'évaluation du poisson de fond au chalut
90-N140	23 juill. - 1 août	S. Smith, DSB	Est de la plate-forme néo-écossaise	Campagne d'évaluation du poisson de fond au chalut
90-N141	20 août - 14 sept.	E. Laberge, DSB région du Québec	Golfe du Saint-Laurent	Campagne d'évaluation de la crevette et du sébaste au chalut
90-N142	19 - 24 sept.; 25 sept.	M. Showell, DSB V. Marriatt, DSB	Plate-forme néo-écossaise	Formation des observateurs internationaux, collecte de poisson vivant
90-N143	1 - 11 oct.	U. Buerkle, DSB	Banc Georges	Évaluation acoustique du poisson de fond et du hareng

**N.S.C. ALFRED NEEDLER** suivre...

90-N144	23 oct. - 18 nov.	D. Cairns, DSB région du Golfe	Sud du golfe du Saint-Laurent	Campagne d'évaluation acoustique du hareng
90-N145	19 nov. - 5 déc.	I. McQuinn, DSB région du Québec	Golfe du Saint-Laurent, est de Terre-Neuve	Campagne d'évaluation acoustique du hareng et campagne d'évaluation de la morue juvénile
90-N146	8 - 16 déc.	C. Annand, DSB	Golfe du Maine	Marquage de la goberge
<b>1991</b>				
90-N147	4 - 29 janv.	C. Dickson, DSB	Baie de Chedabucto	Campagne d'évaluation acoustique du hareng
90-N148	12 - 28 fév.	M. Strong, DSB	Banc Georges	Campagne d'évaluation du poisson de fond au chalut
90-N149	4 - 18 mars	P. Fanning, DSB	Est de la plate-forme néo-écossaise	Campagne d'évaluation du poisson de fond au chalut
91-N150	2 - 12 avril	E. Dawe, DSB région de Terre-Neuve	Baie de Conception	Campagne d'évaluation du crabe
91-N151	16 - 30 avril	T. Hurlbut, DSB région du Golfe	Sud du golfe du Saint-Laurent	Campagne d'évaluation du poisson de fond au chalut
91-N152	3 - 8 mai	B. Nakashima, région de Terre-Neuve	Grands Bancs de T.-N., banc de St. Pierre	Marquage du capelan
91-N153a	9 - 17 mai	R. Tizzard, DSB région de Terre-Neuve	Div. 2GH de l'OPANO, banc Hamilton	Pêche exploratoire
91-N153b	20 mai, 24 - 30 mai	J. Morgan, DSB région de Terre-Neuve	Grands Bancs de T.-N., div. 3L de l'OPANO	Campagne d'évaluation du frai de la morue dans le cadre du PAPA
91-N154	3 - 13 juill.	J. Hunt, DSB	Baie de Fundy, ouest de la plate-forme néo-écossaise	Campagne d'évaluation du poisson de fond au chalut
91-N155	15 - 26 juill.	P. Koeller, DÉLTM	Est de la plate-forme néo-écossaise	Campagne d'évaluation du poisson de fond au chalut annulée pour cause de difficultés mécaniques; effectuée par le <i>Lady Hammond</i>
91-N156	2 - 16 août	W. Hickey, GPH	Plate-forme néo-écossaise et talus continental	Pêche exploratoire et essais d'engins en eau profonde
91-N157	24 août - 20 sept.	D. Gascon, L. Savard, DSB, région du Québec	Nord du golfe du Saint-Laurent	Campagne d'évaluation du poisson de fond au chalut
91-N158	23 sept. - 3 oct.	P. Vass, DSB	Plate-forme néo-écossaise, banc Georges	Distribution des filets maillants fantômes; étude entreprise dans le cadre du PAPA
91-N159	8 - 25 oct.	H. Dupuis, DSB région du Golfe	Sud du golfe du Saint-Laurent	Évaluation acoustique du hareng
91-N160	5 - 7 nov.	J. Spry, DSB	Bassins de la plate-forme néo-écossaise	Échantillonnage du zooplancton dans les bassins
91-N161	12 nov. - 3 déc.	C. Bishop, DSB région de Terre-Neuve	Div. 2GH de l'OPANO	Campagne d'évaluation du poisson de fond au chalut
91-N162	6 - 15 déc.	C. Dickson, DSB	Baie de Chedabucto	Évaluation acoustique du hareng

Le **N.S.C. 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  
 Largeur ..... 8,2 m  
 Tirant d'eau ..... 3,65 m  
 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  
 En 1990, 185 jours en mer;  
 distance parcourue : 23 599 milles marins  
 En 1991, 172 jours en mer;  
 distance parcourue : 20 535 milles marins



ANNÉES ET NUMÉROS	DATES DE MISSION	CHEFS DE MISSION	ENDROITS DE MISSION	OBJECTIFS DE MISSION
<b>1990</b>				
89-P394	23 - 30 mars	L. Dickie, DSB	Plate-forme néo-écossaise	Études acoustiques du poisson de fond au moyen d'un système à double faisceau
90-P395	5 - 12 avril	D. Robicheau, DSB	Baie de Fundy et bassin de Grand Manan	Étude de l'abondance et de la distribution du homard en eau profonde; marquage du homard
90-P396	18 - 19 avril	D. Heffler, CGA	Bassin Émeraude	Essais d'engins du système OBS destinés à être utilisés sous le pack arctique
90-P397	25 avril - 3 mai	G. Thouzeau, DSB	Banc Georges	Collecte de pétoncles vivants destinés à des études éco-physiologiques
90-P398	7 - 17 mai; 22 - 23 mai	M. Lundy, DSB D. Lawrence, DSPC C. Morrison, DSB	Plate-forme néo-écossaise	Étude de l'abondance du pétoncle; mouillage du MINIMET; collecte de poisson vivant
90-P399	25 - 30 mai	D. Marcogliese, DSB région du Québec	Plate-forme néo-écossaise	Étude benthique des hôtes intermédiaires du ver de phoque
90-P400	5 - 30 juin	M. Castonguay, M. Peloquin, J.-M. Sevigny, DSB, région du Québec	Golfe du Saint-Laurent	Évaluation annuelle des oeufs de maquereau pour déterminer la biomasse du stock reproducteur; collecte de poisson vivant à des fins d'études aquicoles; échantillonnage de poisson à des fins d'études biochimiques, génétiques et pathologiques
90-P401	1 - 8 juill.	M. Lanteigne, DSB région du Québec	Sud du golfe du Saint-Laurent, détroit de Northumberland	Campagne d'évaluation des pétoncles juvéniles et observations sous-marines
90-P402	11 - 20 juill.	H. Dupuis, DSB région du Golfe	Golfe du Saint-Laurent, baie des Chaleurs, détroit de Northumberland	Distribution et abondance du hareng juvénile

**N.S.C. E.E. PRINCE** suivre...

90-P403	7 - 17 août	G. Robert, DSB	Banc Georges	Campagne d'évaluation annuelle du pétoncle
90-P404	17 - 31 août	G. Thouzeau, DSB	Banc Georges	Campagne d'évaluation annuelle du pétoncle
90-P405	2 - 14 sept.	J. Porter, DSB	Banc de Brown	Âge, croissance, fécondité, métabolisme et structure de la population d'espadon
90-P406	18 sept. - 5 oct.	D. Marcogliese, DSB région du Québec	Golfe du Saint-Laurent	Incidence de la larve du ver de phoque dans le poisson de fond et les invertébrés benthiques; collecte de poisson vivant pour l'aquaculture
90-P407	10 - 19 oct.	W. Hickey, GPH	Plate-forme néo-écossaise	Essais de chalutier séparateur de la crevette et du poisson
90-P408	25 oct. - 6 nov.	J. Sochasky, DSB	Baie de Fundy	Évaluation acoustique annuelle des larves de hareng
90-P409	14 - 22 nov.	C. Bourque, DSB région du Golfe	Golfe du Saint-Laurent, baie des Chaleurs	Évaluation acoustique de la biomasse et de la distribution du hareng
90-P410	6 nov. - 19 déc.	H. Dupuis, DSB région du Golfe	Golfe du Saint-Laurent, baie des Chaleurs	Évaluation du hareng juvénile
<b>1991</b>				
91-P411	24 - 26 avril	C. Morrison, DSB	Plate-forme néo-écossaise, Cap Chebucto	Collecte de poisson vivant à des fins d'études pathologiques
91-P412	30 avril - 9 mai	W. Hickey, GPH	Plate-forme néo-écossaise	Essais de chaluts à merlu argenté et de panneaux séparateurs; études de la sélectivité des mailles
91-P413	13 - 24 mai	G. Robert, DSB	Plate-forme néo-écossaise, banc de Brown, banc Georges	Évaluation annuelle de l'abondance des pétoncles
91-P414	28 mai - 9 juin	M. Castonguay, DSB région du Québec	Golfe du Saint-Laurent	Évaluation acoustique du maquereau et coupes transversales CTP durant la migration annuelle vers le Golfe
91-P415	10 - 14 mai	M. Measures, DSB région du Québec	Estuaire du Saint-Laurent, détroit de Cabot	Collecte de poisson vivant pour des études aquicoles
91-P416	16 - 28 mai	F. Gregoire, DSB région du Québec	Golfe du Saint-Laurent	Évaluation des oeufs de maquereau
91-417	25 juill. - 2 août	U. Buerkle, DSB	Baie de Fundy	Évaluation acoustique du hareng
91-418	7 - 23 août	G. Robert, DSB	Banc Georges	Évaluation annuelle du pétoncle
91-419a	27 août - 1 sept.	J. Porter, DSB	Détroit de Cabot	Marquage du thon
91-419b	4 - 14 sept.	R. Stephenson, DSB	S.-O. de la Nouvelle-Écosse	Évaluation acoustique du hareng
91-420	24 sept. - 2 oct.; 3 - 7 oct.	J. Porter, DSB	Plate-forme néo-écossaise, banc de Brown	Marquage de l'espadon et du thon
91-421	12 - 24 oct.	R. Bradford, DSB région du Québec	S.-O. de Terre-Neuve, île d'Anticosti	Étude des poissons démersaux et pélagiques : morue et aiglefin juvéniles
91-422	31 oct. - 15 nov.	J. Sochasky, DSB	Baie de Fundy	Évaluation des larves de hareng
91-423	18 nov. - 3 déc.	I. McQuinn, DSB région du Québec	Golfe du Saint-Laurent, N.-E. de la côte de T.-N.	Évaluation acoustique du hareng
91-424	7 - 17 déc.	H. Dupuis, DSB région du Golfe	Sud du golfe du Saint-Laurent	Évaluation acoustique du hareng juvénile

## PARTICIPATION À D'AUTRES MISSIONS DE RECHERCHE

NAVIRE / PAYS	DATES DE MISSION	PARTICIPANTS CANADIENS	ENDROITS DE MISSION	OBJECTIFS DE MISSION
<b>1990</b>				
<i>Skogaloss</i> (Islande)	janv., avril, juill., déc.	F. Dobson, DSPC	Atlantique nord, de cap Race à Reykjavik	Profils au bathythermographe à sonde perdue afin d'estimer la chaleur dans la zone étudiée
<i>F.C.G. Creed</i> (Canada)	janv. - août.	J. Goodyear, M. Lamplugh, SHC	Nord-est de Terre-Neuve	Évaluation du SWATH pour les travaux océanographiques et hydrographiques
<i>Alcor</i> (Allemagne de l'O.)	7 - 12 avril	A. Herman, DSPC	Bassin de Bornholm, mer Baltique	Évaluation des oeufs de morue au moyen d'un compteur optique de plancton
<i>Meteor</i> (Allemagne de l'O.)	13 avril - 15 mai	P. Yeats, J. Dalziel, DSPC	S.-E. de l'Atlantique	Étude préliminaire des contaminants chimiques en haute mer pour le compte de la COI
<i>Evrika</i> (U.R.S.S.)	14 mai - 6 juill.	C. Bourbonnaise, D. Waldron, DSB	Du banc de Brown au banc de l'île de Sable	Distribution du merlu argenté en fonction des conditions océanographiques
<i>Maltsevo</i> (U.R.S.S.)	17 oct. - 31 nov.	C. Bourbonnaise, W. MacEachern, M. Showell, DSB	Plate-forme néo-écossaise	Évaluation du merlu argenté juvénile
<i>Meetpost Noordwijk</i> (Pays-Bas)	12 nov. - 7 déc.	S. Smith, R. Anderson, DSPC	Mer du Nord	Programme VIERS-1, mesure de la force d'entraînement du vent, du flux de chaleur, de l'évaporation, de l'état des vagues et du flux de CO <sup>2</sup> à la surface de l'océan
<b>1991</b>				
<i>Skogaloss</i> (Islande)	janv., avril, juill., déc.	F. Dobson, DSPC	Atlantique nord, de cap Race à Reykjavik	Profils au bathythermographe à sonde perdue afin d'estimer la chaleur dans la zone étudiée
<i>Scotian Surf</i> (Canada)	30 mars - 8 avril	D. Roddick, DSB	Est de la plate-forme néo-écossaise	Étude exploratoire de petites palourdes de taille commerciale en haute mer
<i>Arctic</i> (Canada)	3 - 20 mai	R. Conover, J. Spry, DSB	Nord de la baie de Baffin	Étude du broutage du zooplancton
<i>Laurentian</i> (É.-U.)	18 août - 7 sept.	C. Lewis, CGA	Lac Huron et baie Georgian, Grands Lacs	Étude sismostratigraphique et sédimentaire du changement climatique de la fin du quaternaire-holocène
<i>Oden</i> (Suède)	1 août - 14 oct.	E. Jones, F. Zemlyak, DSPC	Arctique, bassins Nansen, Amundsen et Makarov	Origine et circulation des masses d'eau de l'Arctique en fonction du changement climatique global
<i>Polarstern</i> (Allemagne)	1 août - 14 oct.	K. Moran, K. Manchester, F. Jodrey, CGA	Arctique, bassins Nansen, Amundsen et Makarov	Étude des dorsales du bassin de l'Arctique
<i>Lady Eileen</i> (Canada)	30 sept. - 24 oct.	C. Dale, M. Showell, DSB	Plate-forme néo-écossaise	Sélectivité des engins : la palangre par rapport au chalut à panneaux
<i>Lady Sharrel</i> (Canada)	30 sept. - 24 oct.	D. Lyon, W. MacEachern, DSB	Plate-forme néo-écossaise	Sélectivité des engins : la palangre par rapport au chalut à panneaux
<i>Minerva</i> (Italie)	22 oct. - 11 nov.	B. Topliss, DSPC	Mer thyréénienne	Collecte et vérification de données de télédétection
<i>Maltsevo</i> (U.R.S.S.)	15 oct. - 28 nov.	S. Bond, M. Showell, DSB	Plate-forme néo-écossaise	Évaluation du merlu argenté juvénile
<i>Grenfell</i> (Canada)	nov.	G. Costello, SHC	Baie de Conception, (Terre-Neuve)	Évaluation du système de cartographie des côtes océaniques et du système de commande du DOLPHIN
<i>Cape Hatteras</i> (É.-U.)	14 - 21 déc.	A. Herman, DSPC	Cap Hatteras	Évaluation des oeufs de menhaden au moyen d'un compteur optique de plancton



# Cartes et publications

## Production de cartes

Le bureau de la région de Scotia-Fundy du Service hydrographique du Canada (SHC) possède un effectif de 23 cartographes responsables 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 a maintenant une nouvelle présentation, avec isobathes suivant le système métrique, et est bilingue. Une «nouvelle édition» est une version d'une

carte déjà existante qui présente des données nouvelles et les modifications rendues publiques dans les Avis aux navigateurs. Quant aux «réimpressions», il s'agit de la reprise d'une édition existante qui intègre 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 biais des Avis aux navigateurs.

## 1990

### Nouvelles cartes

- 4230 De l'île Little Hope au cap St. Mary
- 4255 Partie est du banc Georges
- 4850 Du cap St. Francis à l'île Baccalieu et Heart's Content
- 5023 Du cap Harrison à l'île Nunaksaluk
- 7566 Du cap Jameson au cap Fanshawe

### Nouvelles éditions

- 4394 Rivière LaHave, de l'île West Ironbound à Riverport
- 4395 Rivière LaHave, de Riverport au banc Conquerall
- 4448 Port Hood, port de Mabou et Havre Boucher

## 1991

### Nouvelles cartes

- 4210 Du cap Sable au port de Pubnico
- 4227 De Country Harbour à Ship Harbour
- 4233 Du cap Canso à l'île Country
- 4851 Partie sud de la baie de Trinity
- 5030 De la baie Green à l'île Double
- 5031 Détroit et anse St. Lewis
- 7488 De l'île Air Force à Longstaff Bluff

### Nouvelles éditions

- 4145 Du barrage de Mactaquac à l'île Newburg
- 4211 Du cap LaHave à la baie de Liverpool
- 4340 Grand Manan
- 4437 Port de Pictou
- 4466 Baie de Hillsborough
- 4616 Port de Burin

## Publications

Voici, par ordre alphabétique de leurs auteurs, la liste des publications produites en 1990 et 1991 par le personnel du ministère des Pêches et des Océans (MPO), du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources (EMR) et du ministère de l'Environnement (MDE) à l'IOB ainsi que par le personnel du MPO au Laboratoire de recherche halieutique de Halifax et à la Station biologique 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 références sont établis par leur service d'origine. Pour obtenir de plus amples renseignements sur ces publications, veuillez communiquer avec la Division de l'évaluation et de la liaison, travaux maritimes, Institut océanographique de Bedford, 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

#### 1990 et 1991

**Koeller, P.A.** 1990. Controlling the variability of survey gear performance. ICES C.M.

1990/B:3:24 p.

**Koeller, P.A.** 1990. Fish Capture Committee report of 1989 activities to the International Committee for the Exploration of the Sea. Canadian Report. C.M. 1990/B:1.

**Koeller, P.A.** 1990. Report on Canadian research to the Northwest Atlantic Fisheries Organization. Section III. Scotia-Fundy Region. In: Canadian Research Report, 1989, NAFO SCS Doc. 90/07:17-21.

**Koeller, P.A.** 1991. Report on Canadian research to the Northwest Atlantic Fisheries Organization. Section I. Scotia-Fundy Region. In: Canadian Research Report, 1990, NAFO SCS Doc. 91/06:1-4.

**Koeller, P.A.** 1991. Approaches to improving groundfish survey abundance estimates by controlling the variability of survey gear geometry and performance. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 11:51-58.

- Koeller, P.A.** 1991. Fish Capture Committee report of 1990 activities to the International Committee for the Exploration of the Sea. Canadian Report. C.M. 1991/B:1.
- McKone, D., S. Walsh, and P. Koeller.** 1990. Improving the performance of groundfish survey trawls – a discussion paper on possible research directions. DFO internal report to the Assistant Deputy Minister, Science.
- Nicholls, H.B.** 1990. Halifax Harbour clean up – a research perspective. In: D. Lapointe *et al.* (eds.), Proc. 13th Int. Symp. on Wastewater Treatment and 2nd Workshop on Drinking Water. Environment Canada, Ottawa:141-150.
- Nicholls, H.B.** 1991. Halifax Harbour clean up – a research perspective. In: O.T. Magoon, H. Converse, V. Tippie, L.T. Tobin, and D. Clark (eds.), Coastal Zone '91: Proc. 7th Symp. on Coastal and Ocean Management. American Soc. Civil Engineers, New York: 1874-1889.
- Smith, P.C., P.C.F. Hurley, K.T. Frank, S.E. Campana, P.A. Koeller, R.I. Perry, and R.N. O'Boyle.** 1990. The Fisheries Ecology Program. In: T.E. Smith (ed.), Science Review 1988 & '89. Dept. of Fisheries and Oceans, Dartmouth, N.S.
- Walsh, S., P. Koeller, and D. McKone.** 1991. Survey Trawl Mensuration Workshop, St. John's, Nfld, Mar. 18-19 – summary of discussions. ICES FTFB Working Group Working Paper, presented by P. Koeller, April 23, Ancona, Italy.

## DIRECTION DE L'HYDROGRAPHIE

### 1990

- Eaton, R.M., H. Astle, S.J. Glavin, S.T. Grant, and S.E. Masry.** 1990. Learning from an electronic chart testbed. *Internat. Hydrographic Rev.* LXVII(2), July:31-43.
- Goodyear, J.E., D.J. Hussey, C.D. Roushorne, A. Hayes, and D. Nicholson.** 1990. An evaluation of the SWATH vessel *Frederick G. Creed* in the Canadian North Atlantic. Proc. 4th Biennial National Ocean Service Int. Hydrographic Conf., Norfolk, VA:108-115.
- Grant, S.T., M. Casey, T. Evangelatos, and H. Hecht.** 1990. The management and dissemination of electronic navigational chart data in the 1990s. *Internat. Hydrographic Rev.* 67(2), July:17-30.
- Varma, H.P. and H. Boudreau.** 1990. A data structure for spatio-temporal databases. *Internat. Hydrogr. Rev.* 67(1), July: 71-920.
- Varma, H.P., H. Boudreau, and A. Piccott.** 1990. Probability of detecting errors in dense digital bathymetric data sets by using 3D graphics combined with statistical techniques. Proc. 4th Biennial National Ocean Service Int. Hydrographic Conf., Norfolk, VA:40-46.
- Varma, H.P., and M. Jay.** 1990. Hysteresis in hydrography. Proc. 4th Biennial National Ocean Service Int. Hydrographic Conf., Norfolk, VA:159-164.

*Note: La liste des publications de la direction de l'hydrographie pour 1991 n'était pas disponible au moment où ce document a été préparé; cette liste sera présentée dans les éditions 1992 et 1993.*

## DIRECTION DES SCIENCES BIOLOGIQUES

### 1990

- Ackman, R.G., S.M. Polvi, R.L. Saunders, and S.P. Lall.** 1990. Human health implications of Atlantic salmon fed different fats. *Bull. Aquacult. Assoc. Can.* 90-4:45-49.
- Ackman, R.G., S. Polvi, R.L. Saunders, and S.P. Lall.** 1990. Human health implications of Atlantic salmon fed different fats. *World Aquaculture* 90, Halifax, World Aquacult. Soc:99 (Abstract).
- Aiken, D.E.** 1990. Aquaculture and the influenza virus. *World Aquacult.* 21(1):2.
- Aiken, D.E.** 1990. Commercial aquaculture in Canada and a glance at some prospects for the future. *World Aquacult.* 21(2):66-75.
- Aiken, D.E.** 1990. Global warming. *World Aquacult.* 21(3):4-5.
- Aiken, D.E.** 1990. Mariculture in Ontario? *World Aquacult.* 21(2):98-100.
- Aiken, D.E.** 1990. Opening shots. *World Aquacult.* 21(2):2.
- Aiken, D.E.** 1990. Shrimp farming in Ecuador – an aquaculture success story. *World Aquacult.* 21(1):7-16.
- Aiken, D.E.** 1990. Shrimp farming in Ecuador – as you sow, so shall you reap. *World Aquacult.* 21(3): 48-55.
- Aiken, D.E.** 1990. Shrimp farming in Ecuador – whither the future? *World Aquacult.* 21(4):26-30.
- Aiken, D.E.** 1990. The otter's roar: a trip through British Columbia's "Aquazone" via floatplane. *World Aquacult.* 21(4):6-10.
- Aiken, D.E. (ed.)** 1990. *World Aquacult.* 21(1):104 p.
- Aiken, D.E. (ed.)** 1990. *World Aquacult.* 21(2):128 p.
- Aiken, D.E. (ed.)** 1990. *World Aquacult.* 21(3):112 p.
- Aiken, D.E. (ed.)** 1990. *World Aquacult.* 21(4):108 p.
- Aiken, D.E., and S.L. Waddy.** 1990. Color-morphs as biological tags. In: I. Kornfield (ed.), Life history of the American lobster. Proc. of workshop, Nov. 29-30, 1989, Orono, Lobster Institute, Univ. of Maine, Orono:2.
- Aiken, D.E., and S.L. Waddy.** 1990. Winter temperature and spring photoperiod requirements for spawning in American lobster (*Homarus americanus*). *J. Shellf. Res.* 9:41-43.
- Amiro, P.G.** 1990. Accuracy of removal population estimates of juvenile Atlantic salmon electric fished in wadeable streams. In: I.G. Cowx (ed.), *Developments in Electric Fishing*. Fishing News Books, Cambridge: 186-190.
- Amiro, P.G.** 1990. Evaluation of some electrofishing capture techniques used to estimate populations of juvenile Atlantic salmon in enclosed areas of streams. In: I.G. Cowx (ed.), *Developments in Electric Fishing*. Fishing News Books, Cambridge: 174-185.
- Amiro, P.G.** 1990. Recruitment variation in Atlantic salmon stocks of the inner Bay of Fundy. *CAFSAC Res. Doc.* 90/41:19 p.
- Amiro, P.G.** 1990. Remote surveying for derivation of stream habitat for Atlantic salmon. In: *CAFSAC Res. Doc.* 90/77: 325-341.
- Amiro, P.G.** 1990. Status of Atlantic salmon of the Stewiacke River, 1989. *CAFSAC Res. Doc.* 90/6:19 p.
- Amiro, P.G.** 1990. Variation in Atlantic salmon juvenile densities with stream gradient. In: *CAFSAC Res. Doc.* 90/77: 79-99.
- Amiro, P.G.** 1990. Variation in juvenile Atlantic salmon population densities between consecutive closed sections of streams. In: I.G. Cowx (ed.), *Developments in Electric Fishing*. Fishing News Books, Cambridge: 96-101.
- Amiro, P.G., and D.A. Longard.** 1990. Status of Atlantic salmon of Grand River, Richmond Co., N.S., 1988. In: *CAFSAC Res. Doc.* 90/3:18 p.
- Amiro, P.G., and T.L. Marshall.** 1990. The Atlantic salmon resource of the North River, Victoria County, N.S., to 1984. *Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2075:34 p.
- Annand, C., D. Beanlands, and J. McMillan.** 1990. Assessment of pollock (*Pollachius virens*) in Divisions 4VWX and Subdivision 5Zc for 1989. *CAFSAC Res. Doc.* 90/42.
- Anon.** 1990. 1990 silver hake fishery. IOP Series Management/Industry Report.
- Anon.** 1990. Report on the activities of the Faeroese porbeagle shark longliner *Bakur*. IOP Series Management/Industry Report.
- Anon.** 1990. 1989 Japanese tuna fishery. IOP Series Management/Industry Report.
- Beamish, F.W.H., and E.A. Trippel.** 1990. Heat increment: a static or dynamic dimension in bioenergetic models? *Trans. Amer. Fish. Soc.* 119:649-661.
- Bedo, A.W., E.J.H. Head, R.J. Conover, E.P.W. Horne, and L.R. Harris.** 1990. Physiological adaptations of an under-ice population of *Pseudocalanus* in Barrow Strait (N.W.T.) to increasing food supply in spring. *Polar Biol.* 10:561-570.
- Benoit, D., and W.D. Bowen.** 1990. Summer diet of grey seals (*Halichoerus grypus*) at Anticosti Island, Gulf of St. Lawrence, Canada. In: W.D. Bowen (ed.), *Population biology of sealworm (Pseudoterranova decipiens) in relation to its intermediate and seal hosts*. *Can. Bull. J. Fish. Aquat. Sci.* 222:227-242.
- Benoit, D., and W.D. Bowen.** 1990. Seasonal and geographic variation in the diet of grey seals (*Halichoerus grypus*) in eastern Canada. In: W.D. Bowen (ed.), *Population biology of sealworm (Pseudoterranova decipiens) in relation to its intermediate and seal hosts*.

- Can. Bull. J. Fish. Aquat. Sci. 222:215-226.
- Bidleman, T.F., G.W. Patton, D.A. Hinckley, M.D. Walla, W.E. Cotham, and B.T. Hargrave.** 1990. Chlorinated pesticides and polychlorinated biphenyls in the atmosphere of the Canadian Arctic. In: D.A. Kurtz (ed.), Long Range Transport of Pesticides. Lewis Publ., New York:347-372.
- Bird, C.J., E.L. Rice, C.A. Murphy, Q.Y. Liu, and M.A. Ragan.** 1990. Nucleotide sequences of the 18S ribosomal RNA genes from the red algae *Gracilaria tikvahiae* McLachlan, *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss, and *Gracilariopsis* sp. Nucleic Acids Res. 18:4023-4024.
- Bird, C.J., W. Nelson, E.L. Rice, K. Ryan, and R. Villemur.** 1990. A critical comparison of *Gracilaria chilensis* and *G. sordida* (Rhodophyta, Gracilariales). J. Applied Phycol. 2(4):301-309.
- Bird, C.J., and E. Kenchington.** 1990. Recent approaches to the taxonomy of *Gracilariaceae* and the *Gracilaria verrucosa* problem. Hydrobiologia 204/205:111-118.
- Boudreau, P.R., and S.R. Kerr.** 1990. Decision-making model for assessment of habitat production capacity. Can. Atl. Fish. Sci. Adv. Comm. Res. Doc. 90/77.
- Bowen, W.D.** 1990. Behavioural ecology of pinniped neonates. In: D. Renouf (ed.), Behaviour of Pinnipeds. Chapman Hall, London:66-127.
- Bowen, W.D. (ed.).** 1990. Population biology of sealworm (*Pseudoterranova decipiens*) in relation to its intermediate and seal hosts. Can. Bull. J. Fish. Aquat. Sci. 222:306 p.
- Bradford, B.** World Aquaculture: subject index for vols. 20, 21. World Aquacult. 21(4):106-108.
- Bradshaw, V., D. Waldron, M. Showell, K. Spencer, P. Noseworthy, J. Raymond, G. Scott, and D. Lemon.** 1990. The 1989 Canadian fishery for silver hake. Can. Ind. Rep. Fish. Aquat. Sci. N° 203: viii+37 p.+ 5 appendices.
- Branton, R.** 1990. VMS for VAX and Cyber Users; EDT for VAX and Cyber Users; MFD Connects to the World Communication Guide; Prologues for NOS/VE article for BIO HOT NEWS; How to Prepare BSB Conference Plan.
- Bratney, J., and W.T. Stobo.** 1990. Group report 2: infection of definitive hosts. In: W.D. Bowen (ed.), Population biology of sealworm (*Pseudoterranova decipiens*) in relation to its intermediate and seal hosts. Can. Bull. J. Fish. Aquat. Sci. 222:139-145.
- Br ethes, J.-C., et R.N. O'Boyle (eds.)** 1990. Méthodes d'évaluation des stocks halieutiques. Project CIEO-860060, Centre international d'exploitation des océans, Halifax (Nouvelle- cosse, Canada):963 p.
- Brodie, P.F., J.R. Geraci, and D.J. St. Aubin.** 1990. The effectiveness of tetracycline as a marker in the teeth of beluga whales *Delphinapterus leucas* for age determinations. In: T.G. Smith, D.J. St. Aubin, and J.R. Geraci (eds.), Advances in Research on the Beluga Whale (*D. leucas*). Can. Bull. J. Fish. Aquat. Sci. 224:141-148.
- Buerkle, U.** 1990. Results of the 1990 winter acoustic surveys of NAFO Div. 4WX herring stocks. CAFSAC Res. Doc. 90/67.
- Burt, M.D.B., J.W. Smith, A. Jarecka, A.W. Pike, R. Wootten, and G. McClelland.** 1990. *Pseudoterranova decipiens* (Nematoda: Ascaridoidea): time of development to hatching at different temperatures and salinities. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 222:41-45.
- Butler-Connolly, M.A.E., and G. Robert.** 1990. Update of the Scotian Shelf Shrimp – 1989. CAFSAC Res. Doc 90/12:14 p.
- Cai, D., F.C. Tan, and D.L. Roddick.** 1990. Oxygen isotope studies on the growth rate of sea scallop, *Placopecten magellanicus* from Browns Bank, Canada. Oceanologia et Limnologia Sinica 21 (6):550-558.
- Cameron, J.D.** 1990. Assessment of the Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) habitat in the Sackville River, N.S. 1986. Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci. 2039:39 p.
- Campana, S.** 1990. A fish story. Equinox 54:10-13.
- Campana, S.E.** 1990. How reliable are growth back-calculations based on otoliths? Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47:2219-2227.
- Campana, S., and J. Hamel.** 1990. Assessment of the 1989 4X cod fishery. CAFSAC Res. Doc. 90/44.
- Campana, S.E., K.C.T. Zwanenburg, and J.N. Smith.** 1990. <sup>210</sup>Pb/<sup>226</sup>Ra determination of longevity in redfish. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47:163-165.
- Castell, J.D.** 1990. Report on the formation of the International Working Group on Crustacean Nutrition. Crustacean Nutrition Newsletter 6(1):4-7.
- Castell, J.D.** 1990. Bibliography on feed attractants in aquaculture. Crustacean Nutrition Newsletter 6(1):25-32.
- Castell, J.D.** 1990. Bibliography on crustacean protein and amino acid requirements. Crustacean Nutrition Newsletter 6(1):65-67.
- Castell, J.D.** 1990. Reference diets for Crustaceans: principles of experimentation. In: J. Barret (ed.), Advances in Tropical Aquaculture. Advances in Tropical Aquaculture: Workshop held in Tahiti, French Polynesia, Feb. 20–Mar. 4, 1989. Actes Colloq. IFREMER 9:339-354.
- Castell, J.D., Boston, L.D., Conklin, D.E., and Baum, N.** 1990. Nutritionally induced molt death in aquatic crustaceans: II. The effect of B vitamin and manganese deficiencies in lobster (*Homarus americanus*). World Aquaculture '90 T12.8:62 (Abstract).
- Chang, B.D. (ed.).** 1990. Scientific research activities at the St. Andrews Biological Station. Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci. 2054:v+47 p.
- Cho, C.Y., A. Castledine, and S.P. Lall.** 1990. The status of Canadian aquaculture with emphasis on formulation, quality and production of fish feeds. Proc. Int. Symp. on Feeding and Nutr. in Fish, Aug 28–Sept. 1, Toba, Japan, 1989:67-82.
- Clayton, R.R., and S.F. O'Neil.** 1990. Interpreting Atlantic salmon (*Salmo salar*) angling statistics in the Margaree River, N.S. CAFSAC Res. Doc. 90/24:33 p.
- Conan, G.Y., R.W. Elner, and M. Moriyasu.** 1990. Review of literature on life histories in the genus *Chionoecetes* in light of the recent findings of *C. opilio* in eastern Canada. In: Proc. Int. Symp. on King and Tanner Crabs. Lowell Wakefield Fisheries Symposia Series, Univ. of Alaska, Alaska Sea Grant Report 90-04:163-179.
- Conklin, D.E., N. Baum, J.D. Castell, and L.D. Boston.** 1990. Nutritionally induced molt death in aquatic crustaceans: I. Introduction to the problem. World Aquaculture '90 Abstract T12.5:2 (Abstract).
- Conklin, D.E., N. Baum, J.D. Castell, and L.D. Boston.** 1990. Nutritionally induced molt death in aquatic crustaceans: III. The effect of varying levels of calcium in the standard reference diet, BML 81 S in juvenile *Homarus americanus*. World Aquaculture '90 Abstract T12.11:63 (Abstract).
- Conover, R.J., G.F. Cota, W.G. Harrison, E.P.W. Horne, and R.E.H. Smith.** 1990. Ice/water interactions and their effect on biological oceanography in the Arctic Archipelago. In: C.R. Harington (ed.), Canada's Missing Dimension: Science and History in the Canadian Arctic Islands, Vol. I. Canadian Museum of Nature, Ottawa:204-228.
- Cook, R.H.** 1990. Canada. In: H. Rosenthal (ed.), Activity Report 1989/90 Mariculture Committee. ICES C.M. 1990/F:3-18.
- Cook, R.H.** 1990. Salmon farming in the Bay of Fundy – the challenge for the future. World Aquacult. 21(2):46-53.
- Cornick, J.W.** 1990. Canadian fish health protection regulations and policies – an overview. Presented at Aquaculture Assoc. of Canada meeting, June 10-17, Halifax, N.S.
- Cornick, J.W., B.M. Zwicker, G. Olivier, and J. O'Halloran.** 1990. Isolation and identification of *Vibrio salmonicida*, the causative agent of Hitra Disease, in farmed Atlantic salmon in the Bay of Fundy, New Brunswick, Canada. Eastern Fish Health Workshop, Charlottetown, P.E.I., June:21 (Abstract).
- Cota, G.F., J.L. Anning, L.R. Harris, W.G. Harrison, and R.E.H. Smith.** 1990. Impact of ice algae on inorganic nutrients in seawater and sea ice in Barrow Strait, NWT, Canada, during spring. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47:1402-1415.
- Couturier, C.** 1990. Scallop aquaculture in Canada: fact or fantasy? World Aquacult. 21(2):54-62.
- Cranford, P.J., and J. Grant.** 1990. Particle clearance and absorption of phytoplankton and detritus by the sea scallop *Placopecten magellanicus*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 137:105-121.
- Crawford, R., and C. Hudon.** 1990. The biology of the Iceland scallop (*Chlamys islandica*) and its implications for the management of an arctic fishery. AFSAC background document:12 p.

- Cunjak, R.A., R.L. Saunders, and E.M.P. Chadwick.** 1990. Seasonal variations in the smolt characteristics of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) from estuarine and riverine environments. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47:813-820.
- D'Abramo, L.R., and J.D. Castell.** 1990. Bibliography on lipids in crustacean nutrition. *Crustacean Nutrition Newsletter* 6(1):33-41.
- D'Amours, D., J.G. Landry, and T.C. Lambert.** 1990. Growth of juvenile (0-group) Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) in the Gulf of St. Lawrence. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47(11):2212-2218.
- des Clers, S., and R. Mohn.** 1990. Group report 4: models. In: W.D. Bowen (ed.), *Population biology of sealworm (*Pseudoterranova decipiens*) in relation to its intermediate and seal hosts.* *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 222:255-260.
- Dickie, L.M., and B.L. Bandurski.** 1990. Integrity and surprise in the Great Lakes Basin ecosystem: implications for theory and testing. In: C.J. Edwards and H.A. Reiger (eds.), *An Ecosystem Approach to the Integrity of the Great Lakes in Turbulent Times.* Great Lakes Fishery Commission. Spec. Pub. 90-4, Ann Arbor, MI:105-119.
- Dickie, L.M., and P.C. Smith.** 1990. Fisheries Ecology Program (FEP): general introduction. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46(4):538 p.
- Duggan, D.R.** Internal summary and update of offshore lobster fishery. 1990. An update on the Canadian offshore lobster fishery (LFA 41) 1990-91.
- Dunn, E.J., A. Polk, D.J. Scarratt, G. Olivier, S.P. Lall, and M.F.A. Goosen.** 1990. Vaccines in aquaculture: the search for an efficient delivery system. *Aquacult. Eng.* 9:23-32.
- Duston, J., and R.L. Saunders.** 1990. Control of the timing of smoltification in Atlantic salmon; endogenous rhythms and environmental factors. In: R.L. Saunders (ed.), *Proc. Canada-Norway finfish aquaculture workshop*, Sept. 11-14, 1989, St. Andrews, N.B. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1761: 99-105.
- Duston, J., and R.L. Saunders.** 1990. The entrainment role of photoperiod on hypo-osmo-regulatory and growth-related aspects of smolting in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Zool.* 68:707-715.
- Elner, R.W., R.E. Semple, and M. Gillis.** 1990. Assessment 1989: Snow crab off the Atlantic Coast of Cape Breton Island. *CAFSAC Res. Doc.* 90/9:41 p.
- Emerson, C.W.** 1990. The effects of bedload sediment transport on benthic recruitment and production with emphasis on the soft-shell clam, *Mya arenaria* L. Ph.D. Thesis, Dalhousie Univ., Halifax, N.S.
- Emerson, C.W.** 1990. Influence of sediment disturbance and water flow on the growth of the soft-shell clam, *Mya arenaria* L. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47:1655-1663.
- Emerson, C.W., J. Grant, and T.W. Rowell.** 1990. Indirect effects of clam digging on the viability of soft-shell clams, *Mya arenaria* L. *Neth. J. Sea Res.* 27(1):109-118.
- Fanning, L.P., and W.J. MacEachern.** 1990. Stock status of 4VsW cod in 1989. *CAFSAC Res. Doc.* 90/88.
- Farmer, G.J.** 1990. Hatchery rearing practices which optimize the growth and quality of juvenile Atlantic salmon. In: *Proc. Stress in Salmonid Aquaculture Workshop*, May 22-23, Univ. of New Brunswick, N.B. Dept. of Fisheries and Aquaculture, New Brunswick Research and Productivity Council:23-25.
- Farmer, G.J., and D. Ashfield.** 1990. Relations among various dissolved substances in the Big Falls headpond, Mersey River, Nova Scotia. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* N° 1755:v+11 p.
- Farmer, G.J., P.D. Hubble, H. Jansen, J.W. McAskill, and G.B. Robbins.** 1990. Production of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) at the Mactaquac Accelerated Rearing Facility, New Brunswick, Canada. In: R.L. Saunders (ed.), *Proc. Canada-Norway finfish aquaculture workshop*, Sept. 11-14, 1989. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* N° 1761: 107-118.
- Farrell, A.P., J.A. Johansen, and R.L. Saunders.** 1990. Coronary lesions in Pacific salmonids. *J. Fish Diseases* 13:97-100.
- Frank, K.T., P.C.F. Hurley, and J. Simon.** 1990. Assessment of 4X haddock in 1989. *CAFSAC Res. Doc.* 90/58:48 p.
- Frank, K.T., R.I. Perry, and K.F. Drinkwater.** 1990. Predicted response of Northwest Atlantic invertebrate and fish stocks to CO<sub>2</sub>-induced climate change. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 119:353-365.
- Freeman, K.R.** 1990. Mariculture impacts on coastal ecosystems: 4th Biennial Benthic Workshop, St. Andrews, N.B., Nov. Aquanotes, winter issue, Jan. 1991, N° 14:47-48.
- Gagné, J., and M. Sinclair.** 1990. Fisheries production in the St. Lawrence Estuary. In: M.I. El-Sabh, and N. Silverberg (eds.), *Coastal and Estuarine Studies*, vol. 39. *Oceanography of a Large-Scale Estuarine System in the St. Lawrence*:358-377.
- Gavaris, S., and L. Van Eeckhaute.** 1990. Assessment of haddock on eastern Georges Bank. *CAFSAC Res. Doc.* 90/86.
- Gordon, D.C., Jr.** 1990. Experience from the Bay of Fundy and recommendations for the Gulf Region. In: E.M.P. Chadwick (ed.), *Proc. Gulf Habitat Science Workshop*. *Can. Ind. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 206:45-48.
- Gordon, D.C., Jr.** 1990. Habitat loss in the Gulf of Maine. In: V. Konrad, S. Ballard, R. Erb, and A. Morin (eds.), *The Gulf of Maine: Sustaining Our Common Heritage*. *Maine State Planning Office and the Canadian-American Center of the Univ. of Maine*: 106-119.
- Halliday, R.G., and A.T. Pinhorn.** 1990. The delimitation of fishing areas in the Northwest Atlantic. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.* 10:5-51.
- Hanke, A.R., G.W. Friars, R.L. Saunders, and J.M. Terhune.** 1990. Family x photoperiod interaction on growth in juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Genome* 32:1105-1112.
- Hargrave, B.T., and S. MacKnight.** 1990. A method to measure sediment-water trace metal fluxes: a field evaluation in Halifax Harbour. *Ocean Dumping Rep.* 7, Environment Canada, Atl. Reg.:43 p.
- Harrison, W.G.** 1990. The Canadian western Atlantic experiment. In: *Joint Global Ocean Flux Study North Atlantic Bloom Experiment*, Int. Scientific Symp., SCOR, Washington, DC, Nov. 26-28.
- Harrison, W.G.** 1990. Nitrogen utilization in ice algal communities of Barrow Strait, Northwest Territories, Canada. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 67:275-283.
- Horne, E.P.W., J.W. Loder, W.G. Harrison, R. Mohn, M.R. Lewis, B. Irwin, and T. Platt.** 1990. Nitrate supply and demand at the Georges Bank tidal front. *Scient. Mar.* 53 (2-3):145-158.
- Hudon, C.** 1990. Meeting review: International Council for the Exploration of the Sea Symp.: Shellfish life histories and shellfisheries models. *Lobster Newsletter* 3:6-7.
- Hudon, C.** 1990. Distribution of shrimp and fish by-catch assemblages in Canadian Eastern Arctic in relation to water circulation. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47:1710-1723.
- Hudon, C.** 1990. A review of the macro-invertebrate resources of Hudson Strait. In: J.A. Percy (ed.), *Comptes-rendus de l'atelier études de l'écosystème marin du Détroit d'Hudson*. 9-10 Nov. 1989, Montréal. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1770:107-119.
- Hudon, C., A. Lavoie, J.-M. Dubois, G. Vigeant, et P. Legendre.** 1990. Effets climatiques et hydrographiques sur le recrutement du homard (*Homarus americanus*) dans le nord du Golfe Saint-Laurent. In: J.-C. Therriault (éd.), *Le golfe du Saint-Laurent: petit océan ou grand estuaire?* *Publ. Spéc. Can. Sci. Halieut. Aquat.* 113.
- Ingram, J.H., and B.V. Ensor.** 1990. Capture of Atlantic salmon in the Mactaquac area and their distribution in the Saint John River system, N.B., from 1983-1988. *Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci.* 791:55 p.
- Irwin, B., J. Anning, C. Caverhill, M. Hodgson, A. Macdonald, and T. Platt.** 1990. Primary production in the Northern Sargasso Sea in September 1988. *Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci.* N° 798.
- Irwin, B., J. Anning, C. Caverhill, A. Macdonald, and T. Platt.** 1990. Primary production on Georges Bank - August 1988. *Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci.* N° 785.
- Irwin, B., J. Anning, C. Caverhill, and T. Platt.** 1990. Primary production on the Labrador Shelf and in the Strait of Belle Isle in May 1988. *Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci.* N° 784.
- Jackson, D.L., J.D. Castell, and K.E. Harrison.** 1990. Effect of storage conditions on the fatty acid composition of *Artemia* cysts and nauplii. *World Aquaculture '90 CN* 11: 119 (Abstract).
- Jessop, B.M.** 1990. Diel variation in density,

- length composition, and feeding activity of juvenile alewife, *Alosa pseudoharengus* Wilson, and blueback herring, *A. aestivalis* Mitchell, at near-surface depths in a hydro-electric dam impoundment. *J. Fish. Biol.* 37.
- Jessop, B.M.** 1990. Passage and harvest of river herring at the Mactaquac Dam, Saint John River: an attempt at active fishery management. *NAJFM* 10:33-38.
- Jessop, B.M.** 1990. The status of striped bass in the Scotia-Fundy Region. *CAFSAC Res. Doc.* 90/36:22 p.
- Jessop, B.M.** 1990. Stock-recruitment relationships of alewives and blueback herring returning to the Mactaquac Dam, Saint John River, New Brunswick. *NAJFM* 10:19-32.
- Jessop, B.M., and C.J. Harvie.** 1990. Evaluation of designs of periodic count surveys for the estimation of escapement at a fishway. *NAJFM* 10:39-45.
- Johnson, B.D., K. Kranck, and D.K. Muschenheim.** 1990. Physico-chemical factors in particle aggregation. In: R.S. Wotton (ed.), *Biology of Particles in Aquatic Systems*. CRC Press, Boca Raton, FL:57-81.
- Kean-Howie, J.C., J. Grant, R.K. O'Dor, and J.D. Castell.** 1990. The effects of current speed and food concentration on the ingestion of a microparticulate diet by juvenile sea scallops, *Placopecten magellanicus*. In: S. Shumway (ed.), *An International Compendium on Scallop Biology and Culture*, a tribute to Jim Mason. *WAS Special Publication*:347-352.
- Kepkay, P.E., W.G. Harrison, and B. Irwin.** 1990. Surface coagulation, microbial respiration and primary production in the Sargasso Sea. *Deep Sea Res.* 37:145-155.
- Kepkay, P.E., D.K. Muschenheim, and B.D. Johnson.** 1990. Surface coagulation and microbial respiration at a tidal front on Georges Bank. *Cont. Shelf Res.* 10(6): 573-588.
- Kerr, S.R.** 1990. The Fry paradigm: its significance for contemporary ecology. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 119:779-785.
- Knauer, G.A., D.G. Redalje, W.G. Harrison, and D.M. Karl.** 1990. New production at the VERTEX time-series site. *Deep Sea Res.* 37:1121-1134.
- Koshio, S., R.K. O'Dor, and J.D. Castell.** 1990. The effect of different dietary energy levels on growth and survival of eyestalk ablated and intact juvenile lobsters *Homarus americanus*. *J. World Aquacult. Soc.* 21(3):160-169.
- Kuring, N., M.R. Lewis, T. Platt, and J.E. O'Reilly.** 1990. Satellite derived estimates of primary production on the northwest Atlantic continental shelf. *Cont. Shelf Res.* 10(5): 461-484.
- Lacroix, G.L.** 1990. Atlantic salmon research in acidified rivers of the Scotia-Fundy Region. In: A.T. Bielak (ed.), *Proc. 1989 Northeast Atlantic Salmon Workshop*. Atlantic Salmon Federation, Special Publication Series N° 16. St. Andrews, N.B.:79-81.
- Lacroix, G.L., D.J. Hood, C.S. Belfry, and T.G. Rand.** 1990. Plasma electrolytes, gill aluminum content, and gill morphology of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*) indigenous to acidic streams of Nova Scotia. *Can. J. Zool.* 68:1270-1280.
- Lall, S.P.** 1990. Nutritional value of fish silage in salmonid diets. *Bull. Aquacult. Assoc. Can.* 91-1:63-74.
- Lall, S.P.** 1990. Digestibility, metabolism and excretion of dietary phosphorus in fish. *Int. Symp. on Feeding Fish in Our Water, Nutritional strategies in management of aquaculture waste*. Guelph, Ont., June 5-9, N° 6 (Abstract)
- Lall, S.P., and G. Olivier.** 1990. Role of specific nutrients in defence mechanisms of fish and mammals. *Proc. 14th Int. Cong. of Nutrition, Vol. II, Aug 20-25, 1989, Seoul, Korea*:287-288.
- Lall, S.P., and D.E.M. Weerakoon.** 1990. Vitamin B<sub>6</sub> requirement of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Fed. Amer. Soc. Exp. Biol. J.* 4:A912 (Abstract).
- Lambert, T.C., and S.J. Smith.** 1990. 4Vn cod (May to December): status review for the 1989 fishing year. *CAFSAC Res. Doc.* 90/47.
- Lambert, T.C.** 1990. The effect of population structure on recruitment in herring. *J. Conseil* 47.
- Lavoie, R.E., et T. Djama.** 1990. Plan de recherches halieutiques – République Démocratique de Sao Tome e Principe. Consultant report (Project #890309) to the International Centre for Ocean Development, Halifax, N.S.:30 p.
- Lawton, P., and D.A. Robichaud.** 1990. Use of shallow water inshore habitats off Grand Manan, Bay of Fundy, Canada, by mature American lobsters, *Homarus americanus*. *J. Shellf. Res.* 8:485-486 (Abstract).
- Leggett, W.C., and K.T. Frank.** 1990. The spawning of the capelin. *Scient. Amer.* May:102-107.
- Lewis, M.K., and D.D. Sameoto.** 1990. The vertical distribution of zooplankton and ichthyoplankton on the Nova Scotia shelf during September 1985. *Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci.* N° 803:149 p.
- Li, W.K.W.** 1990. Bivariate and trivariate analysis in flow cytometry: phytoplankton size and fluorescence. *Limnol. Oceanogr.* 35:1356-1368.
- Li, W.K.W.** 1990. Particles in "particle-free" seawater: growth of ultraphytoplankton and implications for dilution experiments. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47:1258-1268.
- Longhurst, A.R., A.W. Bedo, W.G. Harrison, E.J.H. Head, and D.D. Sameoto.** 1990. Vertical flux of respiratory carbon by oceanic diel migrant biota. *Deep Sea Res.* 37:685-694.
- Longhurst, A.R., and W.S. Wooster.** 1990. Abundance of oil sardine (*Sardinella longiceps*) and upwelling on the southwest coast of India. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47:2407-2419.
- MacEachern, W.J., and L.P. Fanning.** 1990. Reconstruction of the 4VsW cod catch-at-age on a half-year basis (1971-1989). *CAFSAC Res. Doc.* 90/87.
- MacPhail, D.K.** 1990. Age of the salmon broodstock collected in the Scotia-Fundy Region during 1989. *Internal Document* 90-01:62 p.
- Mallet, A.L., C.E.A. Carver, and K.R. Freeman.** 1990. Summer mortality of the blue mussel in eastern Canada: spatial, temporal, stock and age variation. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 67:35-41.
- Marshall, T.L.** 1990. Assessment of Atlantic salmon of the Saint John River, N.B., above Mactaquac, 1989. *CAFSAC Res. Doc.* 90/79:23 p.
- Marshall, T.L.** 1990. Estimates of harvest and exploitation rates for Saint John River Atlantic salmon in homewater and distant fisheries. *CAFSAC Res. Doc.* 90/85:33 p.
- Martin, J.L.** 1990. Red tides. Underwater World factsheet series, Communications Directorate, Dept. of Fisheries and Oceans, Ottawa:12 p.
- Martin, J.L., K. Haya, L.E. Burrige, and D.J. Wildish.** 1990. *Nitzschia pseudo-delicatissima* – a source of domoic acid in the Bay of Fundy, eastern Canada. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 67:177-182.
- Martin, J.L., and D.J. Wildish.** 1990. Algal blooms in the Bay of Fundy salmon aquaculture region. *Bull. Aquacult. Assoc. Can.* 90-4:19-21.
- Martin, J.L., and D.J. Wildish.** 1990. Algal blooms in the Bay of Fundy. In: R.L. Saunders (ed.), *Proc. Canada-Norway finfish aquaculture workshop*, Sept. 11-14, 1989, St. Andrews, N.B. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1761:1-6.
- Martin-Robichaud, D.J., and R.H. Peterson.** 1990. Water chemistry and fish population status of ten lakes in southern New Brunswick: 1988 survey. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1727:iii+24 p.
- McClelland, G. (Rapporteur).** 1990. Group report 1: hatching and infection of intermediate hosts. In: W.D. Bowen (ed.), *Population biology of sealworm (*Pseudoterranova decipiens*) in relation to its intermediate and seal hosts*. *Can. Bull. J. Fish. Aquat. Sci.* 222:1-25.
- McClelland, G., R.K. Misra, and D.J. Martell.** 1990. Larval anisakine nematodes in various fish species from Sable Island Bank and vicinity. *Can. Bull. J. Fish. Aquat. Sci.* 222:83-118.
- McClelland, G.** 1990. Larval sealworm (*Pseudoterranova decipiens*) infections in benthic macrofauna. *Can. Bull. J. Fish. Aquat. Sci.* 222:47-65.
- McCormick, S.D., and R.L. Saunders.** 1990. Influence of ration level and salinity on circulating thyroid hormones in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Gen. Comp. Endocrinol.* 78:224-230.
- McCurdy, E.P., and G.L. Lacroix.** 1990. Methods to measure pH. In: *Collected papers*

- on fish habitat with emphasis on salmonids. CAFSAC Res. Doc. 90/77:309-314.
- McLean, E.J.** 1990. Quality evaluation of hatchery-reared 1+ Atlantic salmon smolts. Internal Document 90-07:150 p.
- McLean, E.J.** 1990. Quality evaluation of hatchery-reared 2+ Atlantic salmon smolts. Internal Document 90-08:63 p.
- McMillan, J.**, and R. Branton. 1990. Proposal for inter-regional sharing of catch/effort data.
- Messieh, S.N.**, and M. El-Sabh. 1990. The marine killers: dinoflagellates in estuarine and coastal waters. Nat. Haz. 3:69-86.
- Miller, R.J.** 1990. Catchability coefficients for American lobster. ICES Symp. "Shellfish life history and shellfishery models", Moncton, N.B., June 25-29 (Abstract).
- Miller, R.J.** 1990. Comment on Jellett *et al.* (1989). Mar. Ecol. Prog. Ser. 63:306-306.
- Miller, R.J.** 1990. Effectiveness of crab and lobster traps. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47:1228-1251.
- Miller, R.J.** 1990. Properties of a well-managed nearshore fishery. Fisheries 15:7-12.
- Mohn, R.** 1990. Stability and sustainability of harvesting strategies in a modelled fishery. NAFO SCR Doc. 90/113.
- Mohn, R.K.** 1990. A synthesis to explore internal consistency and sensitivity of sealworm dynamics. In: W.D. Bowen (ed.), Population biology of sealworm (*Pseudoterranova decipiens*) in relation to its intermediate and seal hosts. Can. Bull. J. Fish. Aquat. Sci. 222:261-272.
- Mohn, R.**, R.G. Halliday, and C. Annand. 1990. A review of the cod-haddock-pollock combined quota system for the under 65' mobile gear sector in the Western Scotia-Fundy Region. CAFSAC Res. Doc. 90/62.
- Moksness, E.**, and S.E. Campana. 1990. The intercalibration exercise on otolith microstructure. Report to the ICES Recruitment Processes Working Group:40 p.
- Moore, A. R.**, G. Olivier, and J. Fildes. 1990. Toxicity of live *Aeromonas salmonicida* bacteria for Atlantic salmon macrophages: as yet undescribed virulence factor. Eastern Fish Health Workshop, Charlottetown, P.E.I. June:11 (Abstract).
- Morrison, C.M.** 1990. Anatomy. In: M. K. Stoskopf (ed.), Fish Medicine.
- Morrison, C.M.** 1990. Fixatives for ultrastructural preservation of oyster tissues. Proc. 17th Annual Meeting of the Microscopical Society of Canada:52-53.
- Morrison, C.M.**, and Marryatt, V.M. 1990. Coccidia found in some marine finfish off Nova Scotia. In: F.O. Perkins and T.C. Cheng (eds.), Pathology in Marine Science. Academic Press:165-174.
- Morrison, C.M.**, and Marryatt, V. 1990. Further observations on *Eimeria sardinae*, a coccidian infecting the testis of clupeidae or herrings. 4th Int. Colloquium on Pathology in Marine Aquaculture. Vigo, Spain, 17-21 Sept.:80-81.
- Neilson, J.D.**, and S.E. Campana. 1990. Comment on "Larval fish age, growth, and body shrinkage: information available from otoliths." Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47:2401-2403.
- Neilson, J.D.**, and R.I. Perry. 1990. Diel vertical migrations of marine fishes: an obligate or facultative process? Adv. Mar. Biol. 26:115-168.
- Nolan, S.C.**, and R.J. Miller. 1990. A bow-mounted pushnet for measuring the fine scale distribution of lobster larvae (*Homarus americanus*). CAFSAC Res. Doc. 90/23.
- O'Boyle.** 1990. Report of the Scotia-Fundy Groundfish Task Force. Dec. 1989.
- O'Neil, S.F.** 1990. High-technology salmon enhancement techniques. In A.T. Bielak (ed.), Proc. 1988 Northeast Atlantic Salmon Workshop. Special Publication Series N° 11, Atlantic Salmon Federation, St. Andrews, N.B.:45-54.
- O'Neil, S.F.** 1990. Research summary, Freshwater and Anadromous Division, Scotia-Fundy Region. In A.T. Bielak (ed.), Proc. 1988 Northeast Atlantic Salmon Workshop. Special Publication Series N° 16, Atlantic Salmon Federation, St. Andrews, N.B.:74-78.
- Olivier, G.** 1990. Virulence of *Aeromonas salmonicida*: lack of relationship with phenotypic characteristics. J. Aquat. Anim. Health 2:119-127.
- Pena, M.A.**, M.R. Lewis, and W.G. Harrison. 1990. Primary productivity and size structure of phytoplankton biomass on a transect of the equator at 135°W in the Pacific Ocean. Deep Sea Res. 37:293-315.
- Perry, R.I.**, G.C. Harding, J.W. Loder, K.F. Drinkwater, J. Tremblay, C. Taggart, and M. Sinclair. 1990. The Georges Bank frontal system: mechanisms of plankton retention on dispersal. ICES C.M. 1990/L:8.
- Perry, R.I.**, G. Harding, J. Loder, K. Drinkwater, J. Tremblay, C. Taggart, and M. Sinclair. 1990. The Georges Bank frontal system: mechanisms of plankton retention or dispersal. ICES C.M. 1990/L 8:21 p.
- Perry, R.I.**, G.C. Harding, J.W. Loder, K.F. Drinkwater, M.J. Tremblay, C.L. Taggart, and M. Sinclair. 1990. The Georges Bank frontal system: mechanisms of plankton retention or dispersal. ICES Biol. Oceanogr. Comm., Ref. C (Hydrogr. Comm.).
- Perry, R.I.**, G. Harding, J. Tremblay, and C. Taggart. 1990. Zooplankton distributions across the Georges Bank tidal front: relationships with the physical dynamics. American Society of Limnology and Oceanography. Winter meeting, Feb. (Abstract).
- Peterson, R.H.** 1990. Influence of stream physico-chemical parameters on fish species associations. CAFSAC Res. Doc. 90/114:14 p.
- Peterson, R.H.** 1990. Optimal physical and chemical conditions during hatchery growth. In: T.J. Benfey (ed.), Stress in Aquaculture Workshop. May 22-23, St. Andrews, N.B.: 26-27.
- Peterson, R.H.** 1990. Physico-chemical measurements in stream habitat studies. CAFSAC Res. Doc. 90/115:12 p.
- Peterson, R.H.**, and L. van Eecke. 1990. Distributions of stonefly (*Plecoptera*) and caddisfly (*Trichoptera*) species in three stream systems in New Brunswick and Nova Scotia, Canada, with reference to stream acidity. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1720:iii+42 p.
- Peterson, R.H.**, A. Sreedharan, and S. Ray. 1990. Accumulation of trace metals in three species of fish from lakes in New Brunswick and Nova Scotia (Canada): influence of pH and other chemical parameters. Water Pollut. Res. J. Can. 24:100-117.
- Pezzack, D.S.** 1990. Offshore lobsters: an examination adult movements, distribution and ecology. Proc. Workshop on the Life History of the American Lobster, Nov. 29-30, 1989, Orono, ME. Published by Maine Lobster Institute (Abstract).
- Pezzack, D.S.** 1990. Size frequency of trap caught offshore lobsters (*Homarus americanus*) on the Scotian Shelf and an examination of the underlying population size structure. Symp. on Shellfish Life History and Shellfishery Models, Moncton, N.B., June 25-29 (Abstract).
- Pezzack, D.S.** 1990. The use of size frequency data in lobster assessment: an examination of offshore lobster (*Homarus americanus*) trap caught size composition. Proc. Int. Lobster Workshop on Ecology and Fisheries, Havana, Cuba, June 12-16 (Abstract).
- Pezzack, D.S.**, and D. R. Duggan. 1990. Growth rate and preliminary Y/R values for lobsters in the offshore regions of the Gulf of Maine and Southern Scotian Shelf. CAFSAC Res. Doc. 90/78.
- Pinhorn, A.T.**, and R.G. Halliday. 1990. Canadian versus international regulation of northwest Atlantic fisheries: management practices, fishery yields, and resource trends, 1960-1986. Nor. Amer. J. Fish. Man. 10: 154-174.
- Platt, T.**, P. Jauhari, and S. Sathyendranath. 1990. Oceanic microflora and the global carbon cycle. CO<sub>2</sub> Climate Report. Environment Canada, Ottawa.
- Platt, T.**, S. Sathyendranath, and P. Ravindran. 1990. Primary production by phytoplankton: analytic solutions for daily rates per unit area of water surface. Proc. R. Soc. Lond. B 241:101-111.
- Porter, J.M.** 1990. Patterns of recruitment to the breeding group in kittiwake *Rissa tridactyla*. Anim. Behav. 40:350-360.
- Potter, D.C.**, R.G. Lough, R.I. Perry, and J.D. Neilson. 1990. Comparison of the MOCNESS and IGYPT pelagic samplers for the capture of 0-group cod (*Gadus morhua*) on Georges Bank. J. Cons. Int. Explor. Mer 46:121-128.
- Power, M.J.**, and R.L. Stephenson. 1990. Logbook analysis for the 4WX herring purse seine fishery, 1985-89. Can. Atl. Fish. Sci. Advis. Comm. Res. Doc. 90/53:34 p.
- Poynton, S.L.**, and C.M. Morrison. 1990. Morphology of diplomonad flagellates:

- Spironucleus torosa* N. Sp. from Atlantic cod *Gadus morhua* L., and haddock *Melanogrammus aeglefinus* and *Hexamita salmonis* Moore from brook trout *Salvelinus fontinalis* (Mitchill). J. Protozool. 37:369-383.
- Pringle, J.D.** 1990. Assessment of the IDRC (Philippines) Seaweed Project: 15 p.+appendices+figs.
- Pringle, J.D.** 1990. Lobster Newsletter.
- Rice, E.L.** 1990. Nucleotide sequence of the 18S ribosomal RNA gene from the Atlantic sea scallop *Placopecten magellanicus* (Gmelin, 1791). Nucleic Acids Res. 18:5551.
- Rice, E.L.,** and C. J. Bird. 1990. Relationships among geographically distant populations of *Gracilaria verrucosa* (Gracilariales, Rhodophyta) and related species. Phycologia 29:501-510.
- Rice, E.L.,** and T.J. Kenchington. 1990. Spatial variation patterns in a marine macroalga, *Xiphophora gladiata* subsp. *gladiata*. I. Partitioning of morphological variation into spatial scales. J. Phycol. 26:508-522.
- Rice, E.L.,** and T.J. Kenchington. 1990. Spatial variation patterns in a marine macroalga, *Xiphophora gladiata* subsp. *gladiata*. II. Morphological variation over large spatial scales. J. Phycol. 26:522-534.
- Ritter, J.A.** 1990. Ways to characterize Atlantic salmon (*Salmo salar*) stocks. Rapport au Atelier de Travail sur la Génétique des Salmonidés d'Élevage au Québec, Conseil de l'Aquaculture et des Pêches du Québec, 18-19 avril:33-41.
- Robert, G.** 1990. Biology and distribution of inshore quahogs, surf clams, Scotian Shelf shrimp and red, rock, and Jonah crab. Proc. Underutilized Species Workshop, Yarmouth, N.S., Jan.:23-30.
- Robert, G.,** and G.A.P. Black. 1990. Georges Bank scallop stock assessment – 1989. CAFSAC Res. Doc. 90/19:30 p.
- Robert, G.,** M.A.E. Butler-Conolly, and M.J. Lundy. 1990. Bay of Fundy scallop stock assessment – 1989. CAFSAC Res. Doc. 90/31:35 p.
- Robert, G.,** M.J. Lundy, and M.A.E. Butler-Conolly. 1990. Scallop fishing grounds on the Scotian Shelf – 1989. CAFSAC Res. Doc. 90/17:34 p.
- Robinson, S.M.C.,** and T.W. Rowell. 1990. A re-examination of the incidental fishing mortality of the traditional clam hack on the soft-shell clam, *Mya arenaria* Linnaeus. ICES Paper N° 130:10 p.
- Robinson, S.M.C.,** and T.W. Rowell. 1990. A re-examination of the incidental fishing mortality of the traditional clam hack on the soft-shell clam, *Mya arenaria* Linnaeus. J. Shellf. Res. 9(2):283-289.
- Roddick, D.L.** 1990. A study on the effects of an inshore hydraulic clam dredge. Underwater Science Report 4 (2):1-2.
- Roddick, D.L.,** and E. Kenchington. 1990. A review of the Banquereau Bank fishery for *Macromeris polynyma* for the 1986-1989 period. CAFSAC Res. Doc. 90/14:27 p.
- Rowell, T.W.** 1990. Soft-shell clam enhancement project summary. 1990. Presentation and written report to the Scotia-Fundy Soft-Shell Clam Adv. Comm., Feb. 8, Saint John, N.B.:7 p.
- Rowell, T.W.,** D.R. Chaisson, and J.T. McLane. 1990. Size and age of sexual maturity and annual reproductive cycle in the ocean quahog, *Arctica islandica* Linné, from coastal waters in Nova Scotia, Canada. J. Shellf. Res. 9(1):195-203.
- Rowell, T.W.,** and P. Woo. 1990. Predation by the nemertean worm, *Cerebratulus lacteus* Verrill, on the soft-shell clam, *Mya arenaria* Linné, and its apparent role in the destruction of a clam flat. J. Shellf. Res. 9(2):291-297.
- Ryder, R.A.,** and S.R. Kerr. 1990. Aquatic harmonic communities: surrogates of ecosystem integrity. Great Lakes Fish. Comm. Spec. Publ. 90-4:239-256.
- Ryder, R.A.,** and S.R. Kerr. 1990. Harmonic communities in aquatic ecosystems: a management perspective. In: W.L.T. van Densen, B. Steinmetz, and R.H. Hughes (eds.), Management of Freshwater Fisheries. Pudoc, Wageningen, Netherlands:594-623.
- Safran, E.B.,** T.P. Foyle, and R.W. Elner. 1990. Prospects for distinguishing morphometrically mature and immature crabs: an alternate assessment strategy for the snow crab fishery. CAFSAC Res. Doc. 90/30:22 p.
- Sameoto, D.D.,** and A.W. Herman. 1990. Life cycle and production of *C. Finmarchicus* in deep basins on the Nova Scotia shelf and seasonal changes in *Calanus* spp. Mar. Ecol. Prog. Ser. 66:225-237.
- Sameoto, D.D.,** and M.K. Lewis. 1990. Problems in ground truthing acoustic backscattering layers. Oceanis 16:111-116.
- Sathyendranath, S.,** and T. Platt. 1990. The light field in the ocean: its modification and exploitation by the pelagic biota. In: P.J. Herring, A.K. Campbell, M. Whitfield, and L. Maddock (eds.), Light and Life in the Sea. Cambridge Univ. Press:3-18.
- Saunders, R.L.** 1990. Canadian genetics studies with particular reference to biochemical markers and genetically changed organisms. In: Report of the Working Group on Genetics, 1990. ICES C.M. 1990/F:15:9 p.
- Saunders, R.L. (ed.).** 1990. Proc. Canada-Norway finfish aquaculture workshop, Sept. 11-14, 1989. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1761:v+177 p.
- Saunders, R.L.** 1990. Stress encountered during production of Atlantic salmon smolts. In: T.J. Benfey (ed.), Stress in Aquaculture Workshop, May 22-23, St. Andrews, N.B.: 12-16.
- Saunders, R.L.,** J. Duston, P.R. Harmon, D.E. Knox, and M.W. Stewart. 1990. Underyearling Atlantic salmon smolt production – is it feasible? In: Proc. Atlantic Salmon Workshop, Rockport, ME, Mar. 6-7:83-90.
- Saunders, R.L.,** J. Duston, P.R. Harmon, D.E. Knox, and M.W. Stewart. 1990. Production of underyearling Atlantic salmon smolts. Bull. Aquacult. Assoc. Can. 90-4:61-63.
- Saunders, R.L.,** and P.R. Harmon. 1990. Influence of photoperiod on growth of juvenile Atlantic salmon and development of salinity tolerance during winter-spring. Trans. Am. Fish. Soc. 119:689-697.
- Schweigert, F.J.,** W.T. Stobo, and H. Zucker. 1990. Vitamin E and fatty acids in the grey seal (*Halichoerus grypus*). J. Comp. Physiol. B 159:649-654.
- Semple, J.R.** and J.D. Cameron. 1990. Biology, exploitation, and escapement of Atlantic salmon (*Salmo salar*), Liscomb River, N.S. Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci. 2077:39 p.
- Showell, M.A.** 1990. Biology and distribution of silver hake. In: Proc. Underutilized Species Workshop, Yarmouth, N.S., Jan. 17-18:7-15.
- Sigurjisladdottir, S.,** S.P. Lall., C. Parrish, and R.G. Ackman. 1990. Digestibility of different chemical forms of dietary n-3 fatty acids in farmed Atlantic salmon using cholestane as a digestibility marker. Canadian Section, American Oil Chemist Soc. Meeting, Oct. 18-19, Toronto #26 (Abstract).
- Sigurjisladdottir, S.,** S.P. Lall., C. Parrish, and R.G. Ackman. 1990. Method to determine the digestibility of dietary lipids in Atlantic salmon. Bull. Aquacult. Assoc. Can. 90-4:41-44.
- Sigurjisladdottir, S.,** S.P. Lall., C. Parrish, and R.G. Ackman. 1990. Method to determine the digestibility of dietary lipids in Atlantic salmon. World Aquaculture '90, Halifax, World Aquacult. Soc.:125 (Abstract).
- Silvert, W.L.** 1990. @Library, for Lotus Symphony or Lotus 1-2-3, Release 2 (software review). Math. Biosci. 98:305-308.
- Silvert, W.L.** 1990. The BSIM cookbook. BSIM-Central. DFO Internal Rep.:23 p.
- Silvert, W.L.** 1990. BSIM cookbook supplement for the Macintosh. BSIM-Central. DFO Internal Rep.:5 p.
- Silvert, W.L.** 1990. BSIM cookbook supplement for MS-DOS. BSIM-Central. DFO Internal Rep.:12 p.
- Silvert, W.L.** 1990. BSIM cookbook supplement for UNIX. BSIM-Central. DFO Internal Rep.:5 p.
- Silvert, W.L.** 1990. BSIM programmers' manual. BSIM-Central. DFO Internal Rep.: 20 p.
- Silvert, W.L.** 1990. Introduction to BSIM. BSIM-Central. DFO Internal Rep.:8 p.
- Silvert, W.L.** 1990. Size-structured models of continental shelf food webs. Presented at the ICES Stat. Meeting (Poster).
- Silvert, W.L.,** P.D. Keizer, D.C. Gordon, and D.J. Duplisea. 1990. Modelling the feeding, growth, and metabolism of cultured salmonids. ICES (Maricult. Comm.), C.M.1990/F.8, Sess. 0:17 p.
- Sinclair, A.,** D. Gascon, R. O'Boyle, D. Rivard, and S. Gavaris. 1990. Consistency of some Northwest Atlantic groundfish stock assessment. NAFO SCR Doc. 90/96.
- Sinclair, M.,** H. Bain, K. Brown, G. Jefferson, C. MacCormick, D. Ricard, J. Rice, and F. Ring. 1990. Environmental review of Atlantic zone fisheries management practices.

- Fisheries and Oceans Canada:xi+114 p. (Unpubl. Rep.).
- Smith, P.C., P.C.F. Hurley, K.T. Frank, S.E. Campana, P.A. Koeller, R.I. Perry, and R.N. O'Boyle.** 1990. The Fisheries Ecology Program. In: T.E. Smith (ed.), Science Review 1988 & '89. Dept. of Fisheries and Oceans, Dartmouth, N.S.
- Smith, R.E.H., P. Clement, and E.J.H. Head.** 1990. Night metabolism of recent photosynthate by sea ice algae in the high Arctic. *Mar. Biol.* 107:255-261.
- Smith, R.E.H., W.G. Harrison, L.R. Harris, and A.W. Herman.** 1990. Vertical fine structure of particulate matter and nutrients in sea ice of the high Arctic. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47:1348-1355.
- Smith, S.J.** 1990. Use of statistical models for the estimation of abundance from groundfish trawl survey data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47:894-903.
- Smith, S.J., and L.P. Fanning.** 1990. Consultants at the interface: selling statistics, not p-values, in Fisheries Science. *Liaison*, 4:34-5.
- Sponaugle S., and P. Lawton.** 1990. Portunid crab predation on juvenile hard clams: effects of substrate type and prey density. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 67:43-53.
- Stephenson, R.L.** 1990. Multi-use conflict: aquaculture collides with traditional fisheries in Canada's Bay of Fundy. *World Aquacult.* 21(2):34-45.
- Stephenson, R.L., and I. Kornfield.** 1990. Reappearance of spawning Atlantic herring (*Clupea harengus harengus*) on Georges Bank: population resurgence not recolonization. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47:1060-1064.
- Stephenson, R.L., and M.J. Power.** 1990. A summary of the 1989 4Vn herring fishery. *CAFSAC Res. Doc.* 90/51:12 p.
- Stephenson, R.L., M.J. Power, U. Buerkle, D.J. Gordon, J.B. Sochasky, and W.H. Dougherty.** 1990. Review of abundance indices for the 4WX herring assessment. *CAFSAC Res. Doc.* 90/52:41 p.
- Stephenson, R.L., M.J. Power, W.H. Dougherty, D.J. Gordon, and J.B. Sochasky.** 1990. Assessment of the 1989 4WX herring fishery. *CAFSAC Res. Doc.* 90/50:48 p.
- Stephenson, R.L., M.J. Power, and D.J. Gordon.** 1990. Reappearance of Georges Bank (5Z) herring: a biological update. *CAFSAC Res. Doc.* 90/54:38 p.
- Stewart, M.W., R.L. Saunders, and A.J. Wiggs.** 1990. Effects of extended daylength on autumn growth dynamics of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47:755-759.
- Stewart, J.E., R.H. Cook, and H. Rosenthal.** 1990. An analytical approach for evaluating opportunities in mariculture and assessing research needs: a proposal. *ICES C.M.* 1990/F:9:14 p.
- Stewart, J.E., K.H. Mann, and J. Kean-Howie.** 1990. Report on the mollusc feeding workshop. *Bull. Aquacult. Assoc. Can.* 90: 23-26.
- Stobo, W.T., B. Beck, and L.P. Fanning.** 1990. Seasonal sealworm (*Pseudoterranova decipiens*) abundance in grey seals (*Halichoerus grypus*). In: W.D. Bowen (ed.), Population biology of sealworm (*Pseudoterranova decipiens*) in relation to its intermediate and seal hosts. *Can. Bull. J. Fish. Aquat. Sci.* 222:147-162.
- Stobo, W.T., B. Beck, and L.P. Fanning.** 1990. Seasonal sealworm (*Pseudoterranova decipiens*) abundance in grey seals (*Halichoerus grypus*). 8th Biennial Conf. on the Biology of Marine Mammals, Monterey, CA (Abstract).
- Stobo, W.T., B. Beck, and J.K. Horne.** 1990. Seasonal movements of grey seals (*Halichoerus grypus*) in the Northwest Atlantic. In: W.D. Bowen (ed.), Population biology of sealworm (*Pseudoterranova decipiens*) in relation to its intermediate and seal hosts. *Can. Bull. J. Fish. Aquat. Sci.* 222:199-213.
- Stobo, W.T., and K.C.T. Zwanenburg.** 1990. Grey seal (*Halichoerus grypus*) pup production on Sable Island and estimates of recent production in the Northwest Atlantic. In: W.D. Bowen (ed.), Population biology of sealworm (*Pseudoterranova decipiens*) in relation to its intermediate and seal hosts. *Can. Bull. J. Fish. Aquat. Sci.* 222:171-184.
- Subba Rao, D.V.** 1990. Ocean science advice to developing countries. In: D.V. Subba Rao and E.C. LaFond (eds.), *Oceanographic Science in Developing Countries*. IAPSO Publ. Sci. 34:22-23.
- Subba Rao, D.V., A.S.W. deFreitas, M.A. Quilliam, R. Pocklington, and S.S. Bates.** 1990. Rates of production of domoic acid, a neurotoxic amino acid in the marine pennate diatom *Nitzschia pungens*. In: E. Granéli, B. Sundström, L. Edler, and D.M. Anderson (eds.), *Toxic Marine Phytoplankton*. Elsevier Scientific Publishing, New York:413-417.
- Subba Rao, D.V., and E.C. LaFond (eds.).** 1990. *Oceanographic science in developing countries*. IAPSO Publ. Sci. 34:107 p.
- Subba Rao, D.V., and G. Wohlgeschaffen.** 1990. Morphological variants of *Nitzschia pungens grunow* f. *multiseries* Hasle. *Bot. Mar.* 33:545-550.
- Suthers, I.M., and K.T. Frank.** 1990. Zooplankton biomass gradient off southwestern Nova Scotia; nearshore ctenophore predation, or hydrographic separation? *J. Plank. Res.* 12:831-850.
- Taggart, C.T., and K.T. Frank.** 1990. Perspectives on larval fish ecology and recruitment processes: Probing the scales of relationships. In: K. Sherman, L.M. Alexander, and B.D. Gold (eds.), *Large Marine Ecosystems: Patterns, Processes and Yields*. Amer. Assoc. Adv. Sci., Washington, DC:151-164.
- Tremblay, M.J.** 1990. Distribution of sea scallop *Placopecten magellanicus* larvae across the frontal zone on the Northern Flank of Georges Bank. *Georges Bank Frontal Study Workshop*, Nov. (Abstract).
- Tremblay, M.J.** 1990. The distribution and abundance of sea scallop larvae *Placopecten magellanicus* in the Georges Bank region. *ICES Shellfish Symp.* N° 43 (Abstract).
- Tremblay, M.J., and R. E. Duggan.** 1990. Stock assessment data for Lobster Fishing Area 33 for the 1988-89 season: landings, catch rate and size composition. Handout presented at LFA 33 meeting, June 13.
- Tremblay, M.J., and M. Sinclair.** 1990. Diel vertical migration of sea scallop larvae (*Placopecten magellanicus*) in a shallow embayment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 67:19-25.
- Tremblay, M.J., and M. Sinclair.** 1990. Sea scallop larvae (*Placopecten magellanicus*) on Georges Bank: vertical distribution in relation to water column stratification and food. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 61:1-15.
- Trippel, E.A., and H.H. Harvey.** 1990. Ovarian atresia and sex ratio imbalance in white sucker, *Catostomus commersoni*. *J. Fish Biol.* 36:231-239.
- Trippel, E.A., and J.J. Hubert.** 1990. Common statistical errors in fishery research. In: J. Hunter (ed.), *Writing for Fishery Journals*. American Fisheries Society, Bethesda, MD:93-102.
- Waddy, S.L., and D.E. Aiken.** 1990. Induction of spawning in preovigerous American lobsters. *Bull. Aquacult. Assoc. Can.* 90-4: 83-85.
- Waddy, S.L., and D.E. Aiken.** 1990. Intermolt insemination, an alternative mating strategy for the American lobster, *Homarus americanus*. *Can. Bull. J. Fish. Aquat. Sci.* 47: 2362-2369.
- Waddy, S.L., and D.E. Aiken.** 1990. Scotophase influence on the metamorphic molt in larval American lobsters. *Amer. Zool.* 30:75 (Abstract).
- Waddy, S.L., and D.E. Aiken.** 1990. Size at maturity and stock discrimination. In: I. Kornfield (ed.), *Life history of the American lobster*. Proc. of a workshop, Nov. 29-30, 1989, Orono, ME. Lobster Institute, Univ. of Maine, Orono:35.
- Waldron, D.E., M.C. Bourbonnais, and M.A. Showell.** 1990. Status of the Scotian Shelf silver hake (whiting) population in 1989. *NAFO SCR. Doc.* 90/20, Serial N° 1737:27 p.
- Waldron, D.E., M.A. Showell, and P.A. Comeau.** 1990. Scotian Shelf silver hake: 1989 commercial fishery description. *NAFO SCR Doc.* 90/21, Serial N° 1738:19 p.
- Watson, F.L., and R.J. Miller.** 1990. Distribution of lobster larvae on the Scotian Shelf. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1801:16 p.
- Wildish, D.J.** 1990. Research on the environmental impacts of pen culture. In: *Environmental impacts of finfish aquaculture*. Gulf of Maine Working Group on Aquaculture, Mar. 1-2, St. Andrews, N.B. Huntsman Marine Science Centre, St. Andrews, N.B.:11-14.
- Wildish, D.J., B. Frost, and A.J. Wilson.** 1990. Stereophotographic analysis of the marine, sublittoral sediment-water interface. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1726:iii+14 p.
- Wildish, D.J., J.L. Martin, R.W. Trites, and A.M. Saulnier.** 1990. A proposal for environ-



- mental research and monitoring of organic pollution caused by salmonid mariculture in the Bay of Fundy. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1724:iii+24 p.
- Wildish, D.J., J.L. Martin, A.J. Wilson, and M. Ringuette.** 1990. Environmental monitoring of the Bay of Fundy salmonid mariculture industry during 1988-89. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1760:iii+123 p.
- Wildish, D.J., and M.P. Miyares.** 1990. Filtration rate of blue mussels as a function of flow velocity: preliminary experiments. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 142:213-220.
- Wildish, D.J., V. Zitko, H.M. Akagi, and A.J. Wilson.** 1990. Sedimentary anoxia caused by salmonid mariculture wastes in the Bay of Fundy and its effects on dissolved oxygen in seawater. In: R.L. Saunders (ed.), *Proc. Canada-Norway finfish aquaculture workshop*, Sept. 11-14, 1989, St. Andrews, N.B. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1761:11-18.
- Zwanenburg, K.C.T., and W.D. Bowen.** 1990. Population trends of the grey seal (*Halichoerus grypus*) in Eastern Canada. In: W.D. Bowen (ed.), *Population biology of sealworm (Pseudoterranova decipiens) in relation to its intermediate and seal hosts*. *Can. Bull. J. Fish. Aquat. Sci.* 222:185-197.
- 1991**
- Ackman, R.G., S. Sigurgisladottir, and S.P. Lall.** 1991. Effects of tocopherol and astaxanthin on quality of Atlantic salmon, *Salmo salar*. 14th Regional Fish Health Workshop, Nov. 6-8:9 (Abstract).
- Aiken, D.E.** 1991. Editorial: aquaculture and the influenza virus. *World Aquacult.* 22(1):2.
- Aiken, D.E.** 1991. Editorial: will the problem go away if we ignore it? *World Aquacult.* 22(2):2.
- Aiken, D.E.** 1991. Opening shots: focus on the Caribbean. *World Aquacult.* 22(1):6-7.
- Aiken, D.E. (ed.)** 1991. *World Aquacult.* 21(4):108 p.
- Aiken, D.E. (ed.)** 1991. *World Aquacult.* 22(1):104 p.
- Aiken, D.E. (ed.)** 1991. *World Aquacult.* 22(2):80 p.
- Aiken, D.E. (ed.)** 1991. *World Aquacult.* 22(3):80 p.
- Aiken, D.E., and S.L. Waddy.** 1991. Scotophase influences the metamorphic molt in lobsters. *Bull. Aquacult. Assoc. Can.* 91-3: 36-38.
- Amiro, P.G., R.E. Cutting, B.M. Jessop, T.L. Marshall, and S.F. O'Neil.** 1991. Status of Atlantic salmon stocks of Scotia-Fundy Region, 1990. *CAFSAC Res. Doc.* 91/5:24 p.
- Anderson, J.S., D.M. Anderson, S.P. Lall, and M. McNiven.** 1991. Nutritional and chemical characteristics of Canadian fish meal. *Aquacult. Assoc. Can. 8th Ann. Meet.*, St. Andrews, N.B., June 10-13:44 (Abstract).
- Anderson, J.S., S.P. Lall, D.M. Anderson, and M. McNiven.** 1991. Biological availability of amino acids from fish meals for Atlantic salmon, *Salmo salar*. 14th Regional Fish Health Workshop, Nov. 6-8:9 (Abstract).
- Anderson, J.S., S.P. Lall, D.M. Anderson, and M. McNiven.** 1991. Lysine requirement of Atlantic salmon. 4th Int. Symp. Fish Nutrition and Feeding, Biarritz, France, June 24-27:8-01 (Abstract).
- Annand, C., and D. Beanlands.** 1991. Assessment of Pollock (*Pollachius virens*) in Divisions 4VWX and Subdivision 5Zc for 1990. *CAFSAC Res. Doc.* 91/35.
- Anon.** 1991. Atlantic salmon workshop. Proc. from a workshop held on Oct. 17, 1989, St. Andrews, N.B. SGRP Report Series Tech. Rep. 131:57 p.
- Anon.** 1991. Salmon Genetics Research Program Annual Report 1990/1991. Atlantic Salmon Federation, St. Andrews, N.B.:38 p.
- Baisrw J.A., and J.D. Castell.** 1991. Aquaculture in Cuba. *World Aquacult.* 22(4):28-34: 41.
- Barbour, S.E.** 1991. Atlantic salmon habitat evaluation in the context of the Dept. of Fisheries and Oceans (DFO) policy for the management of fish habitat. In: *Collected papers on fish habitat with emphasis on salmonids*, *CAFSAC Res. Doc.* 90/77:9-12.
- Barbour, S.E.** 1991. Microhabitat selection by juvenile Atlantic salmon in a small, unstable stream. In: *Collected papers on fish habitat with emphasis on salmonids*, *CAFSAC Res. Doc.* 90/77:295-306.
- Barnes, R.S.K., and K.H. Mann (eds.)** 1991. *Fundamentals of aquatic ecology*. Blackwell Sci. Publ., Oxford, U.K.:270 p.
- Baum, N., D.E. Conklin, H.D. Castell, and L.D. Boston.** 1991. Nutritionally induced molt death syndrome in aquatic crustaceans: III. The effect of varying levels of calcium in the reference diet, BML 81S for juvenile *Homarus americanus*. *Crustacean Nutrition Newsletter* 7(1):115-118.
- Beninger, P.G., R.W. Elner, and Y. Poussart.** 1991. Gonopods of the majid crab *Chionocetes opilio* (O. Fabricus). *J. Crust. Biol.* 11:217-228.
- Boudreau, P.R., L.M. Dickie, and S.R. Kerr.** 1991. Body-size spectra of production and biomass as system-level indicators of ecological dynamics. *J. Theor. Biol.* 152: 329-339.
- Buerkle, U.** 1991. Results of the 1991 acoustic herring surveys in NAFO Div. 4W, and revised results of the 1990 surveys. *CAFSAC Res. Doc.* 91/57.
- Buerkle, U., and R.L. Stephenson.** 1991. Herring school dynamics and its impact on acoustic abundance estimates. In: V. Weststad, J. Collie, and E. Collie (eds.), *Proc. Int. Herring Symp.*, Anchorage, AK, Oct. 23-25, 1990 (9th Lowell Wakefield Fisheries Symp.). Univ. of Alaska, Fairbanks:185-207.
- Bullerwell, A., E.J. MacLean, D. Wallace, and C. Harvie.** 1991. Documentation of the hatchery fish distribution ORACLE data base. In-house report.
- Butler, M.A.E., and G. Robert.** 1991. Update of the Scotian Shelf shrimp fishery - 1990. *CAFSAC Res. Doc.* 91/23:15 p.
- Campana, S., and J. Hamel.** 1991. Status of the 1990 cod fishery in 4X. *CAFSAC Res. Doc.* 91/48.
- Campana, S.E., and E. Moksness.** 1991. Accuracy and precision of age and hatch date estimates from otolith microstructure examination. *ICES J. Mar. Sci.* 48:
- Campana, S.E., and E. Moksness.** 1991. The ICES Otolith Microstructure Workshop. Report to the ICES Recruitment Processes Working Group:35 p.
- Castell, J.D., and L.D. Boston.** 1991. The effect of feed attractants on feeding behaviour and growth of juvenile lobsters. 14th Fish Health Workshop, Halifax, N.S., Nov. (Abstract).
- Castell, J.D., L.D. Boston, D.E. Conklin, and N. Baum.** 1991. Nutritionally induced molt death syndrome in aquatic crustaceans: II. The effect of B vitamin and manganese deficiencies in lobster (*Homarus americanus*). *Crustacean Nutrition Newsletter* 7(1):108-114.
- Castell, J.D., and K.E. Corpron (eds.)** 1991. *Crustacean Nutrition Newsletter* 7(1):126.
- Charmantier, G., M. Charmantier-Daures, and D.E. Aiken.** 1991. Metamorphosis in the lobster *Homarus* (Crustacea, Decapoda): a review. *J. Crust. Biol.* 11:481-495.
- Charmantier, G., M. Charmantier-Daures, S.L. Waddy, and D.E. Aiken.** 1991. Salinity tolerance and osmoregulation in the nemertean *Pseudocarcinonemertes homari*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48:209-214.
- Chevrier, A., P. Brunel, and D.J. Wildish.** 1991. Structure of a suprabenthic shelf sub-community of gammaridean Amphipoda in the Bay of Fundy compared with similar sub-communities in the Gulf of St. Lawrence. *Hydrobiologia* 223:81-104.
- Clay, D., T. Hurlbut, and J.M. Porter.** 1991. National report of Canada, 1989-90. *Internat. Comm. Conserv. Atl. Tunas*, Rep. for Biennial Period 1989-90, Part 1:412-418.
- Cochrane, N.A., D. Sameoto, A.W. Herman, and J.D. Neilson.** 1991. Multiple-frequency acoustic backscattering and zooplankton aggregations in the inner Scotian Shelf Basins. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48:340-355.
- Cohen, E.B., D.G. Mountain, and R. O'Boyle.** 1991. Local-scale versus large-scale factors affecting recruitment. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48:1003-1006.
- Conklin, D.E., N. Baum, J.D. Castell, L.D. Boston, and Li Hafung.** 1991. Nutritionally induced molt death syndrome in aquatic crustaceans: I. Introduction to the problem. *Crustacean Nutrition Newslet.* 7(1):102-107.
- Conover, R.J., L.R. Harris, and A.W. Bedo.** 1991. Copepods in cold oligotrophic waters - how do they cope? *Proc. 4th Int. Conf. on Copepoda*; *Bull. Plankton Soc. Japan*, Spec. 177:199 p.
- Conover, R.J., and M. Huntley.** 1991. Copepods in ice-covered seas - distribution, adaptations to seasonally limited food, metabolism, growth patterns and life cycle strategies in polar seas. *J. Mar. Syst.* 2:1-41.

- Cook, R.H.** (ed.). 1991. Canada. In: H. Ackfors (ed.), Activity Report 1990/91 Mariculture Committee. ICES C.M. 1991/F:4-19.
- Cook, R.H.,** and R.E. Lavoie. 1991. Science and aquaculture: a matter of demand and supply. In: T.E. Smith (ed.), Science Review 1988 & '89. Dept. of Fisheries and Oceans, Scotia-Fundy Region, Dartmouth, N.S.:40-44.
- Cook, R.H.,** and W. Pennell (eds.). 1991. Proc. Special Session on Salmonid Aquaculture, World Aquaculture Society, Feb. 16, 1989, Los Angeles, CA. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1831:v+167 p.
- Cornick, J.W.** 1991. DFO program aimed at preventing disease transfer through broodstock. Atlantic Salmon Federation, Workshop on Broodstock Development, St. Andrews, N.B., Feb. 27 (Abstract).
- Cornick, J.W.,** A.M. MacKinnon, and M.M. McMenemy. 1991. Current status of important diseases affecting finfish culture in the Maritime Provinces. DFO Scotia-Fundy Region 14th Regional Fish Health Workshop, Nov. (Abstract).
- Cornick, J.W.,** and G. Olivier. 1991. Fish health in aquaculture. In: T.E. Smith (ed.), Science Review 1988 & '89. Dept. of Fisheries and Oceans, Dartmouth, N.S.:44-47.
- Cranford, P.J.,** and D.C. Gordon, Jr. 1991. Chronic sublethal impact of mineral oil-based drilling mud cuttings on adult sea scallops. Mar. Poll. Bull. 22:339-344.
- DiBacco, C.,** and J.D. Pringle. 1991. Larval lobster (*Homarus americanus* Milne Edwards) distribution in a protected Scotian Shelf bay. Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci. 2110:26 p.
- Doubleday, W.G.,** J.W. Baird, S.E. Campana, and G. Chouinard. 1991. Surplus production for cod in the southern Gulf of St. Lawrence, southwest Nova Scotia, and northeast Newfoundland, with implications for management. Workshop on Risk Evaluation and Biological Reference Points:25 p.
- Drinkwater, K.F.,** G.C. Harding, W.P. Vass, and D. Gauthier. 1991. The relationship of Quebec lobster landings to freshwater run-off and wind storms. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 113:179-187.
- Duggan, R.E.,** and J.D. Pringle. 1991. LFA 31-31 Lobster CAFSAC Summary Sheet.
- Duggan, R.E.,** and J.D. Pringle. 1991. LFA 32 Lobster CAFSAC Summary Sheet.
- Duston, J.,** D.E. Knox, and T. Maynard 1991. On producing 1.5+ year-old Atlantic salmon smolts by photoperiod manipulation. Bull. Aquacult. Assoc. Can. 91-3:41-43.
- Duston, J.,** R.L. Saunders, and D.E. Knox. 1991. Effects of increases in freshwater temperature on loss of smolt characteristics in Atlantic salmon (*Salmo salar*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48:164-169.
- Eagles, M.,** and R.J. Miller. 1991. Stock summary sheets presented to CAFSAC, IMP subcommittee, Feb.: 1990 snow crab, Area 2-3-4; 1990 snow crab, Area 5; 1990 snow crab, Area 6; 1990 lobster, Area 27; 1990 lobster Areas 28-29; 1990 lobster Area 30.
- Einer, R.W.,** and A. Campbell. 1991. Spatial and temporal patterns in recruitment for American lobster, *Homarus americanus*, in the northwestern Atlantic. Memoirs of the Queensland Museum 31:349-363. Brisbane, Australia.
- Emerson, C.W.,** and J. Grant. 1991. The control of soft-shell clam (*Mya arenaria*) recruitment on intertidal clam flats by bedload sediment transport. Limnol. Oceanogr. 36:1288-1300.
- Emerson, C.,** J. Grant, and B.T. Hargrave. 1991. Oceanographic processes and scallop trophic resources. Channels 1(June):7.
- Fanning, L.P.,** and W.J. MacEachern. 1991. Assessment of 4VsW cod in 1990. CAFSAC Res. Doc. 91/44:42 p.
- Farmer, G.J.** 1991. Programs of the region's fish culture stations. In: T.E. Smith (ed.), Science Review 1988 & '89. Dept. of Fisheries and Oceans, Dartmouth, N.S.:48-51.
- Fisher, N.,** B.T. Hargrave, S. Fowler, S. Louma, J. McDowell-Capuzzo, T. O'Connor, and J. Stegeman. 1991. Bioavailability of chemicals. In: D.W. Spencer (ed.), An abyssal ocean option for waste management. Woods Hole Oceanogr. Inst. Rep., Jan. 7-10:23-32.
- Fowler, G.M.,** and W.T. Stobo. 1991. Comparative recoveries of spaghetti tags and Petersen disc tags on Atlantic cod (*Gadus morhua*) and American plaice (*Hippoglossoides platessoides*). J. Northw. Atl. Fish. Sci. 11:39-42.
- Frank, K.T.** 1991. Predicting recruitment variation from year class specific vertebra counts: an analysis of the potential and a plan for verification. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48:1350-1357.
- Friars, G.W.** 1991. Some tests and applications of quantitative genetics theory in trifolium poultry and fish. Informacion Technica Economica Agraria 87A:103-107.
- Friars, G.W.,** J.K. Bailey, and K.A. Coombs. 1991. Some aspects of selection in salmonid aquaculture. In: R.H. Cook and W. Pennell (eds.), Proc. Special Session on Salmonid Aquaculture, World Aquaculture Society, Feb. 16, 1989, Los Angeles, CA. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1831:85-92.
- Friars, G.W.,** and T.J. Benfey. 1991. Triploidy and sex reversal in relation to selection in the Salmon Genetics Research Program. In: V.A. Pepper (ed.), Proc. Atlantic Canada workshop on methods for the production of non-maturing salmonids, Feb. 19-21, Dartmouth, N.S. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1789:81-87.
- Gavaris, S.** 1991. Experience with the adaptive framework as a calibration tool for finfish stock assessments in CAFSAC. ICES C.M. 1991/D:19.
- Gavaris, S.,** and L. Van Eeckhaute. 1991. Assessment of haddock on eastern Georges Bank. CAFSAC Res. Doc. 91/42.
- Gordon, D.C.,** Jr. 1991. Rapporteur's overview. In: Proc. 2nd Halifax Inlet Research Workshop. DFO Internal Rep.:36-41.
- Gordon, D.C.,** Jr. (ed.). 1991. Proc. 2nd Canadian Workshop on Harmful Marine Algae. Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, N.S. Oct. 2-4, 1990. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1799:66 p.
- Grande, K.D.,** M.L. Bender, B. Irwin, and T. Platt. 1991. A comparison of net and gross rates of oxygen production as a function of light intensity in some natural populations and in a *Synechococcus* culture. J. Plankt. Res. 13(1):1-16.
- Grant, J.** and P.J. Cranford. 1991. Carbon and nitrogen scope for growth as a function of diet in the sea scallop *Placopecten magellanicus*. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 71: 437-450.
- Grant, J.,** C.W. Emerson, B.T. Hargrave, and J.L. Shortle. 1991. Benthic oxygen consumption on continental shelves off eastern Canada. Cont. Shelf Res. 11:1083-1097.
- Grant, J.,** and B. Thorpe. 1991. The effects of suspended sediment on the growth and physiology of the soft-shell clam (*Mya arenaria*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48: 1285-1292.
- Griffiths, S.G.,** G. Olivier, J. Fildes and W.H. Lynch. 1991. Comparison of Western blot, direct fluorescent antibody and drop-plate culture methods for the detection of *Renibacterium salmoninarum* in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture 97:117-129.
- Halliday, R.G.** 1991. Marine distribution of the sea lamprey (*Petromyzon marinus*) in the northwest Atlantic. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48:832-842.
- Halliday, R.,** and C. Cooper. 1991. Exploration of deepwater resources off the Scotian Shelf. DFO Scotia-Fundy Region, Halifax, N.S., Project Summary N° 32, Dec.:4 p.
- Hanke, A.R.,** S. Backman, D.J. Speare, and G.W. Friars. 1991. An uncommon presentation of fungal infection in Atlantic salmon fry. J. Aquat. Anim. Health 3:192-197.
- Harding, G.C.,** S. Pearre, Jr., J.D. Pringle, W.P. Vass, E. Wilson, and D.P. Reimer. 1991. Vertical migration of *Gammarus annulatus* Smith on Georges Bank. Prepared for the American Society of Limnology and Oceanography meeting, June 10-14, Halifax, N.S. (Poster).
- Harding, G.C.,** J.D. Pringle, K.F. Drinkwater, A.J. Fraser, I.R. Perry, and W.P. Vass. 1991. Offshore studies of larval lobsters (*Homarus americanus*) in the Georges and Browns Banks region. National Shellfish Assoc. meeting, Portland, ME, June 23-27 (Abstract).
- Hargrave, B.T.** 1991. Ecology of deep-water zones. In: R.S.K. Barnes and K.H. Mann (eds.), Fundamentals of Aquatic Ecology. Blackwell Sci. Publ., Oxford, U.K.:77-90.
- Hargrave, B.T.** 1991. Impacts of man's activities on aquatic systems. In: R.S.K. Barnes and K.H. Mann (eds.), Fundamentals of Aquatic Ecology. Blackwell Sci. Publ., Oxford, U.K.:245-264.
- Hargrave, B.T.,** P. Germain, J.-C. Philippot, G. Hermon, and J.N. Smith. 1991. Stable

- elements and  $^{210}\text{Po}$  in the deep-sea amphipod *Eurythenes gryllus*. Deep Sea Res. 38: 1455-1462.
- Harrison, K.E.**, and J.C. Kean Howie. 1991. Study Guide on Crustacean Reproduction for Aquaculture Graduate Program, Deakin Univ., Australia.
- Harrison, W.G.**, and E.J.H. Head. 1991. Particulate C, N, P and Si analysis at the Bedford Institute of Oceanography, Canada. In: D.C. Hurd and D.W. Spencer (eds.), Marine Particles: Analysis and Characterization. Geophysical Monograph 63, Amer. Geophys. Union, Washington, DC:69-70.
- Harvie, C.J.**, and P.G. Amiro. 1991. Forecasts of MSW salmon returns to the Saint John River using non-parametric and parametric models. CAFSAC Res. Doc. 91/22, 19 p.
- Haya, K.**, J.L. Martin, L.E. Burrige, B.A. Waiwood, and D.J. Wildish. 1991. Domoic acid in shellfish and plankton from the Bay of Fundy, New Brunswick, Canada. J. Shellf. Res. 10:113-118.
- Henderson, M.**, Hudon, C., and D. Meerburg. 1991. Review of Atlantic salmon assessment programs in the Freshwater and Anadromous Division Biological Science Branch in Scotia-Fundy Region:30 p.
- Hudon, C.**, P. Legendre, J.M. Lavoie, J.-M. Dubois, and G. Vigeant. 1991. Effets du climat et de l'hydrographie sur le recrutement larvaire du homard américain (*Homarus americanus*) dans le nord du Golfe du Saint-Laurent. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 113:161-177.
- Hunt, J.J.** 1991. Comparison of Canadian and USSR estimates of age for 1989 Observer Program otolith collections. NAFO SCR Doc. 91/7, Serial N° 1879:7 p.
- Hunt, J.J.** 1991. Report of the Ageing Methodologies Working Group. CAFSAC Res. Doc. 91/63.
- Hunt, J.J.**, M-I. Buzeta, and J.D. Neilson. 1991. Status of the Atlantic cod stock on Georges Bank in unit areas 5Zj,m, 1978-90. CAFSAC Res. Doc. 91/41.
- Hunt, J.J.**, M-I. Buzeta, L. Van Eeckhaute, and N. Munroe. 1991. Report of the Sept. 1991 ageing workshop.
- Hurley, P.C.F.**, K.T. Frank, and J. Simon. 1991. Assessment of 4X haddock in 1990. CAFSAC Res. Doc. 91/67:48 p.
- Jessop, B.M.** 1991. The history of the striped bass fishery in the Bay of Fundy. In: R. Peterson (ed.), Proc. Striped Bass Workshop, St. Andrews, N.B., Sept. 10, 1990. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. N° 1832.
- Jessop, B.M.**, and W.E. Anderson. 1991. List history data on the alewife and blueback herring, Mactaquac Dam, 1982-1988. Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci. N° 829:42 p.
- Jones, C.M.**, and S.E. Campana. 1991. Sources of bias in interpreting otolith-derived hatch date distributions. Proc. AFS ELH Meeting, Los Angeles, CA.
- Karl, D.M.**, W.G. Harrison, J. Dore and others. 1991. Chapter 3. Major bioelements. In: D.C. Hurd and D.W. Spencer (eds.), Marine Particles: Analysis and Characterization. Geophysical Monograph 63. Amer. Geophys. Union, Washington, DC:33-42.
- Kennington, E.** 1991. The Use of RNA/DNA in Monitoring Scallops Stock Health. Digby Scallop Days, Digby, N.S. (Poster).
- Kennington, E.**, and M.J. Lundy. 1991. 1990 Bay of Fundy Scallop Stock Assessment. CAFSAC Res. Doc. 91/26:iv+28 p.
- Kennington, E.**, and M.J. Lundy. 1991. Fishing Logbooks: The Value of Logbooks in Scallop Management. Digby Scallop Days, Digby, N.S. (Poster).
- Kennington, E.**, and M.J. Lundy. 1991. Scallop Abundance in the Bay of Fundy. Poster. Digby Scallop Days, Digby, N.S. (Poster).
- Kennington, E.**, C. Têtu, and R. Mohn. 1991. Preliminary investigations of juvenile scallops (*Placopecten magellanicus*) in Nova Scotia inshore habitats. Can. Man. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2123:38 p.
- Kenne, L.**, B. Lindberg, B. Arie, R.G. Brown, and J.E. Stewart. 1990. Structural studies of the capsular polysaccharide from *Aerococcus viridans* var. *homari*. Carbohydr. Res. 208:145-152.
- Kepekay, P.E.** 1991. Surface coagulation and microbial respiration in response to local advection and sea state in the North Atlantic. Mar. Ecol. Prog. Ser. 69:143-147.
- Kerr, S.R.** 1991. Potential threat of toxic algae introduction by ballast waters, p. 11. In: D.C. Gordon (ed.), Proc. 2nd Canadian Workshop on Harmful Marine Algae. Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, N.S. Oct. 2-4, 1990. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1799:66 p.
- Lacroix, G.L.** 1991. Cause and effect studies: report on ongoing research (1990). In: D.A. Scruton, U.P. Williams, L.L. Fancey, and M.M. Roberge (eds.), Proc. 5th Annual Dept. of Fisheries and Oceans LRTAP Workshop. 9-11 Oct. 1990, St. John's, Nfld.:56-66.
- Lacroix, G.L.** 1991. Impacts of acid rain on salmonid ecology. In: B.L. Beattie (ed.), 1990 report of the Atlantic Region LRTAP Monitoring and Effects Working Group. Environment Canada, Atmospheric Environment Service, Bedford, N.S.:23-24.
- Lacroix, G.L.**, W.D. Watt, and J.F. Uthe. 1991. Impacts of acid rain on habitat. In: T.E. Smith (ed.), Science Review 1988 & '89. Dept. of Fisheries and Oceans, Dartmouth, N.S.:52-55.
- Lall, S.P.** 1991. Concepts in the formulation and preparation of a complete fish diet. In: S.S. De Silva (ed.), Fish nutrition research in Asia. Proc. 4th Asian Fish Nutr. Workshop. Asian Fish. Soc. Spec. Publ. 5, 205. Asian Fish Soc. Manila, Philippines:1-12.
- Lall, S.P.** 1991. Role of micronutrients in immune response and disease resistance in fish. 4th Int. Symp. Fish Nutrition and Feeding. Biarritz, France, June 24-27, #3.1 (Abstract).
- Lall, S.P.** 1991. Salmonid nutrition and feed production. In: R.H. Cook and W. Pennell (eds.), Proc. Special Session on Salmonid Aquacult., World Aquacult. Soc. Meet., Feb. 12-16, 1989. Los Angeles, CA. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. N° 1831:107-123.
- Lall, S.P.**, and R.A. Keith. 1991. Biological availability of phosphorus in fish meal for Atlantic salmon. 4th Int'l Symp. Fish Nutrition and Feeding. Biarritz, France, June 24-27, #5.4 (Abstract).
- Lall, S.P.**, and R. A. Keith. 1991. Dietary phosphorus in fish: Requirement, Metabolism and Excretion. 14th Regional Fish Health Workshop, Nov. 6-8, #8 (Abstract).
- Lall, S.P.**, and G. Olivier. 1991. Role of ascorbic acid in Atlantic salmon nutrition. Aquacult. Assoc. Can. 8th Ann. Meet., St. Andrews, N. B., June 10-13:44 (Abstract).
- Lavoie, R.E.** 1991. Oyster culture in Thailand and Malaysia, a trip report. Consultant report to the International Development Research Centre, Ottawa:13 p.+appendix.
- Lavoie, R.E.** 1991. Plan de recherches sur les pêches. République Démocratique de Sao Tome e Principe. Consultant report (Project #900379) to the International Centre for Ocean Development, Halifax, N.S.:12 p.
- Lavoie, R.E.** 1991. Infrastructure for oyster culture. In: Report on the seminar on the development of oyster culture in Malaysia, Dept. of Fisheries, Malaysia, Kuala Lumpur:93-114.
- Lawton, P.**, and D.A. Robichaud. 1991. Shallow water spawning and molting areas of American lobsters, *Homarus americanus*, off Grand Manan, Bay of Fundy, Canada. J. Shellf. Res. 10:286 (Abstract).
- Lawton, P.**, and K. Taylor. 1991. Lobsters, crabs, and videotapes. J. Shellf. Res. 10:282. (Abstract).
- Lee, T.** Molting in *Homarus americanus*; a field experiment. B.Sc. Honours thesis proposal.
- Legendre, L.**, K. Juniper, D. Booth, A. Cembella, Y. de Lafontaine, J. Gagne, W. Harrison, S. Roy, B. Saint-Marie, A. Sinclair, R. Trites, and A. Vezina. 1991. Report of the workshop on biological oceanography. In: J.-C. Therriault (ed.), The Gulf of St. Lawrence: Small Ocean or Big Estuary? Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 113:23-30.
- Li, W.K.W.** 1991. Creating maps with SigmaPlot®. Jandel Scientific Newsletter 5:2.
- Li, W.K.W.**, and P.M. Dickie. 1991. Light and dark carbon-14 uptake in dimly-lit oligotrophic waters: relation to bacterial activity. J. Plankton Res. 13 (Suppl.):29-44.
- Li, W.K.W.**, and P.M. Dickie. 1991. Relationship between the number of dividing and non-dividing cells of cyanobacteria in North Atlantic picoplankton. J. Phycol. 27:559-565.
- Li, W.K.W.**, M.R. Lewis, and A. Lister. 1991. Picoplankton in the Gulf of Policastro. Signal & Noise 4:3.
- Loder, J.W.**, and E.P.W. Horne. 1991. Skew eddy fluxes as signatures of nonlinear tidal current interactions, with application to Georges Bank. Atmosphere-Ocean. 29:

- 517-546.
- Logan, C., E.A. Trippel, and F.W.H. Beamish.** 1991. Thermal stratification and benthic foraging patterns of white sucker. *Hydrobiologia* 213:125-132.
- Longhurst, A.R.** 1991. A response to Broecker's charges. *Global Biogeochemical Cycles* 5(4).
- Longhurst, A.R.** 1991. Role of the marine biosphere in the global carbon cycle. *Limnol. Oceanogr.* 36(8) (special issue on iron limitation of phytoplankton growth).
- Lowell, R.B., J.H. Markham, and K.H. Mann.** 1991. Herbivore-like damage induces strength and toughness in a seaweed. *Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* B243:31-38.
- Lubin, R.T., A.W. Rourke, and R.L. Saunders.** 1991. Influence of photoperiod on the number and ultrastructure of gill chloride cells of the Atlantic salmon (*Salmo salar*) before and during smoltification. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48:1302-1307.
- Mackie, C., A. R. Moore, G. Olivier, and T. H. Birkbeck.** 1991. The effect of Phytohaem-magglutinin on Atlantic salmon (*Salmo salar*) peritoneal macrophages. 14th Annual AFS/FHS Meeting, Newport, OR, Aug.:63 (Poster).
- MacKinnon, A.M., J.W. Cornick, and G. Olivier.** 1991. Atypical *Aeromonas salmonicida* in a wild American eel *Anquilla rostrata* population. DFO Scotia-Fundy Region 14th Regional Fish Health Workshop, Nov. (Abstract).
- MacPhail, D.K.** 1991. Ages of the salmon broodstock collected in the Scotia-Fundy Region during 1990. Internal Document 91-01:57 p.
- Mann, K.H.** 1991. Organs and ecosystems. In: R.S.K. Barnes and K.H. Mann (eds.), *Fundamentals of Aquatic Ecology*. Blackwell Sci. Publ., Oxford, U.K.:3-28.
- Mann, K.H.** 1991. Review of C.M. Lalli (ed.). 1990. Enclosed experimental ecosystems: a review and recommendations. *Quart. Rev. Biol.* 66:221.
- Mann, K.H.** 1991. Review of K. Lüning 1990. Seaweeds: their environment, biogeography and ecophysiology. *Limnol. Oceanogr.* 36:1066.
- Mann, K.H., and J.R.N. Lazier.** 1991. Dynamics of marine ecosystems: biological-physical interactions in the ocean. Blackwell Sci. Publ., Boston:466 p.
- Marshall, T.L.** 1991. Assessment of Atlantic salmon of the upper Saint John River, N.B., 1990. CAFSAC Res. Doc. 91/56:v+19 p.
- Martin, J.L., K. Haya, L.E. Burridge, and D.J. Wildish.** 1991. *Nitzschia pseudo-delicatissima* – a source of domoic acid in the Bay of Fundy, eastern Canada. In: D.C. Gordon (ed.), Proc. 2nd Canadian Workshop on Harmful Marine Algae. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1799:14 (Abstract).
- Martin, J.L., D.J. Wildish, and M.M. LeGresley.** 1991. Phytoplankton monitoring in the Fundy Isles region. In: D.C. Gordon (ed.), Proc. 2nd Canadian Workshop on Harmful Marine Algae. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1799:14 (Abstract).
- Martin-Robichaud, D.J., R.H. Peterson, and L. Crim.** 1991. Striped bass (*Morone saxatilis*) research at the Biological Station, Dept. of Fisheries and Oceans, St. Andrews, N.B. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1832:39-45.
- Matsakis, S., and R.J. Conover.** 1991. Abundance and feeding of medusae and their potential impact as predators on other zooplankton in Bedford Basin (Nova Scotia, Canada) during spring. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48:1419-1430.
- McClelland, G., and D.J. Martell.** 1991. Geographical distribution of the microsporidian parasite *Pleistophora hippoglossoides* in American plaice *Hippoglossoides* in eastern Canada. Regional Fish Health Workshop, 6-8 Nov., Halifax, N.S. (Abstract).
- McCormick, S.D., W.W. Dickhoff, J. Duston, R.S. Nishioka, and H.A. Bern.** 1991. Developmental differences in the responsiveness of gill Na<sup>+</sup>,K<sup>+</sup>-ATPase to cortisol in salmonids. *Gen. Comp. Endocrinol.* 84:308-317.
- McLean, E.J.** 1991. Quality evaluation of hatchery-reared 1+ Atlantic salmon smolts. Internal Document 91-04:124 p.
- McLean, E.J.** 1991. Quality evaluation of hatchery-reared 2+ Atlantic salmon smolts. Internal Document 91-05:51 p.
- Melvin, G.D.** 1991. Striped bass of Eastern Canada: a review of striped bass, *Morone saxatilis*, population biology of eastern Canada. In: R. Peterson (ed.), Proc. of a workshop on the biology and culture of striped bass (*Morone saxatilis*). *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1832:1-11.
- Melvin, G.D., J.B. Sochasky, M.J. Power, J.D. Gordon, and W.H. Dougherty.** 1991. An update on Georges Bank (SZ) herring. CAFSAC Res. Doc. 91/55:39 p.
- Messieh, S.N.** 1991. Fish offal disposal in Atlantic Canada. Discussion paper prepared for the Marine Atlantic Standing Subcommittee on Habitat (MASSH), Apr., Dartmouth, N.S.:7 p.
- Messieh, S.N.** 1991. Fluctuations in Atlantic herring populations in the northwestern Atlantic, with particular emphasis on the Gulf of St. Lawrence stocks. In: T. Kawasaki *et al.* (eds.), *Long-Term Variability of Pelagic Fish Populations and Their Environment*. Pergamon Press, Oxford, U.K.:155-163.
- Messieh, S.N., T.W. Rowell, D.L. Peer, and P.J. Cranford.** 1991. The effects of trawling, dredging, and ocean dumping on the eastern Canadian continental shelf. *Cont. Shelf Res.* 11(8-10):1237-1263.
- Miller, R.J., A. Campbell, G. Sharp, and C. Hudon.** 1991. Are small juvenile lobsters habitat limited? Abstract of paper presented at MEES workshop (Abstract).
- Miller, R.J., and F. Watson.** 1991. Spatial and temporal changes in lobster size at maturity in Nova Scotia. Abstract of paper presented at the National Shellfisheries Assoc. Ann. Meet. (Abstract).
- Mohn, R.** 1991. Risk analysis of 4VsW cod. CAFSAC Res. Doc. 91/40:21p.
- Mohn, R.** 1991. Stability and sustainability of harvesting strategies in a modelled fishery. NAFO Scientific Council Studies 16:133-135 (Abstract).
- Morrison, C.** 1991. The digestive tract of the cod eleutheroembryo ("yolk-sac larva") and larva. NAFO SCR Doc. 91/105, Serial N° N1997.
- Morrison, C.** 1991. The reproductive stages of cod. Gross and anatomy and histology. NAFO SCR Doc. 91/106, Serial N° N1998.
- Morrison, C.** 1991. The ultrastructure of the microsporidian parasite *Pleistophora hippoglossoides* in the American plaice *Hippoglossoides platessa*. Fish Health Workshop, Halifax, N.S., Nov. (Abstract).
- Morrison, C.M.** 1991. Further observations on the sporogony of *Eimeria sardinae* in the testis of the herring, *Clupea harengus L.* *Can. J. Zool.* 69:1017-1024.
- Neilson, J.D., M.-I. Buzeta, and J.J. Hunt.** 1991. Comparison of catch at age matrices employed by Canada and the U.S.A. in assessments of stock status of Atlantic cod in 5Z. CAFSAC Res. Doc. 91/51.
- O'Boyle, R.N., A.F. Sinclair, and P.C.F. Hurley.** 1991. A bioeconomic model of an age-structured groundfish resource exploited by a multi-gear fishing fleet. *ICES Mar. Sci. Symp.* 193:264-274.
- O'Halloran, J., E. Saulnier, K. Were, D. Groman, and S. Lall.** 1991. Cold water winter lesions in Atlantic salmon. *Can. Vet. J.* 32:312.
- O'Neil, S.F., D.A. Stewart, K. Newbould, and R. Pickard.** 1991. 1988 Atlantic salmon sport catch statistics, Maritime Provinces. *Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci.* N° 852.
- O'Neil, S.F. and D.A.B. Swetnam.** 1991. Collation of Atlantic salmon sport catch statistics, Maritime Provinces, 1951-59. *Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci.* N° 860.
- Olivier, G.** 1991. Research on bacteriology and immunology of fish at the Halifax Laboratory: a review. Dalhousie Seminar Series, Dalhousie Univ., Oct. 17.
- Olivier, G.** 1991. Survol des principales maladies bactériennes des salmonidés: bactériologie et immunologie. VIe Conférence annuelle en santé animale, Sherbrooke, 8-9 mai:18-19.
- Olivier, G., R. Claveau, J. O'Halloran, J. Fildes, B. Zwicker, and J. Cornick.** 1991. Multiple antibiotic resistance profiles of *Aeromonas salmonicida* in two hatcheries experiencing recurrent furunculosis outbreaks. Aquaculture Canada '91, St. Andrews, N.B., June 6-11 (Abstract).
- Olivier, G., R. Claveau, J. O'Halloran, J. Fildes, B. Zwicker, and J. Cornick.** 1991. Multiple antibiotic resistance profiles of *Aeromonas salmonicida* in two hatcheries experiencing recurrent furunculosis outbreaks. 14th Annual AFS/FHS Meeting, Newport, OR, Aug.:36 (Abstract).
- Olivier, G., and A. R. Moore.** 1991. The role

- of A-layer in the phagocytosis of *Aeromonas salmonicida* cells by salmonid macrophages. 5th Cong. of the ISDCI (Int. Society of Developmental and Comparative Immunology), Portland, OR, Aug., F10:S73 (Abstract).
- Paine, M.D., W.C. Leggett, J.K. McRuer, and K.T. Frank.** 1991. Effects of incubation in oiled sediment on emergence of capelin (*Mallotus villosus*) larvae. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48:2228-2239.
- Pan, Y., D.V. Subba Rao, and W.K.W. Li.** 1991. Effects of growth temperature on carbon assimilation of *Nitzschia pungens* F. *multiseries*. In: D.C. Gordon (ed.), Proc. 2nd Canadian Workshop on Harmful Marine Algae. Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, N.S. Oct. 1-4, 1990. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1799:16.
- Pan, Y., D.V. Subba Rao, and R.E. Warnock.** 1991. Photosynthesis and growth of *Nitzschia pungens* F. *multiseries*, a neurotoxin producing diatom. In: D.C. Gordon (ed.), Proc. 2nd Canadian Workshop on Harmful Marine Algae. Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, N.S. Oct. 2-4, 1990. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1799:15.
- Pena, M. Angelica, M.R. Lewis, and W.G. Harrison.** 1991. Particulate organic matter and chlorophyll in the surface layer of the equatorial Pacific Ocean along 135W. *Deep Sea Res.* 72:179-188.
- Perry, R.I., G.C. Harding, J.W. Loder, K.F. Drinkwater, and M.J. Tremblay.** 1991. The Georges Bank frontal system: mechanisms of plankton retention or dispersal. Presentation at the Gulf of Maine Scientific Workshop, Jan. 8-10, Woods Hole, MA. (Poster).
- Peterson, R.H. (ed.).** 1991. Proc. of a workshop on biology and culture of striped bass (*Morone saxatilis*). *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1832:vi+66 p.
- Peterson, R.H., and D. Gale.** 1991. Fish species associations in riffle habitat of streams of varying size and acidity in New Brunswick and Nova Scotia. *J. Fish Biol.* 38:859-871.
- Peterson, R.H., J. Power, and D.J. Martin-Robichaud.** 1991. Morphological basis of the pectoral fin flutter of embryonic Atlantic Salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48:2223-2227.
- Pezzack, D.S., and D.R. Duggan.** 1991. LFA 34 Lobster. CAFSAC Summary Sheet.
- Pezzack, D.S., and D.R. Duggan.** 1991. LFA 41 Lobster. CAFSAC Summary Sheet.
- Platt, T., D.F. Bird, and S. Sathyendranath.** 1991. Critical depth and marine primary production. *Proc. R. Soc. Lond. B* 246:205-217.
- Platt, T., C. Caverhill, and S. Sathyendranath.** 1991. Basin-scale estimates of oceanic primary production by remote sensing: the North Atlantic. *J. Geophys. Res.* 96(C8):15, 147-15, 159.
- Platt, T., P. Jauhari, and S. Sathyendranath.** 1991. The importance and measurement of new production. In: P. Falkowski (ed.), *Primary Production and Biogeochemical Cycles in the Sea*. Plenum Publishing.
- Platt, T., P. Jauhari, and S. Sathyendranath.** 1991. Oceanic microflora and the global carbon cycle. CO<sub>2</sub> Climate Report, Environment Canada, 91-1.
- Platt, T., and S. Sathyendranath.** 1991. Biological production models as elements of coupled, atmosphere-ocean models for climate research. *J. Geophys. Res.* 96(C2): 2585-2592.
- Pohle, G.** 1991. A guide to decapod Crustacea from the Canadian Atlantic: Anomura and Brachyura. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1771:iv+30 p.
- Polvi, S. M., R. G. Ackman, S. P. Lall, and R. L. Saunders.** 1991. Stability of lipids and omega-3 fatty acids during frozen storage of Atlantic salmon. *J. Food Sci. Pres.* 15: 167-181.
- Porter, J.M., and W.E. Hogans.** 1991. A mark-recapture experiment of bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.) from the Browns-Georges Banks region of the Canadian Atlantic. *Internat. Comm. Conserv. Atl. Tunas Coll. Vol. Sci. Pap., Madrid* 35: 253-256.
- Porter, J.M., and S.C. Smith.** 1991. Literature review of ageing in Atlantic swordfish, *Xiphias gladius*. *Internat. Comm. Conserv. Atl. Tunas Coll. Vol. Sci. Pap., Madrid* 35:449-458.
- Power, M.J., and R.L. Stephenson.** 1991. Logbook analysis for the 1990 4WX herring purse seine fishery. CAFSAC Res. Doc. 91/54:27 p.
- Pringle, J.D.** Annual stock assessment – LFA 31/32:8 p.
- Pringle, J.D.** Volume 3 (1&2). Lobster Newsletter, with coeditor J.S. Cobb.
- Quiñones, R.A., and T. Platt.** 1991. The relationship between the f-ratio and the P:R ratio in the pelagic ecosystem. *Limnol. Oceanogr.* 36(1):211-213.
- Rice, J., and S.R. Kerr.** 1991. Fish working group report. *Global Oceans Ecosystems Dynamics Rep.* 2:65-70.
- Robert, G.** 1991. Un aperçu de la gestion de la pêche aux pétoncles au Canada. Presentation at a workshop with the French scallop fishing industry. Cherbourg, France, May.
- Robert, G.** 1991. Report of the Working Group on pectinid stocks. Brest, France. ICES C.M. 1991/K:43:21p.
- Robert, G.** 1991. Reproductive ecology of Placopecten on Georges Bank and its implications to stock recruitment. 8th Int. Pectinid Workshop, Cherbourg, France (Abstract).
- Robert, G., G.A.P. Black, and M.A.E. Butler.** 1991. Georges Bank scallop stock assessment – 1990. CAFSAC Res. Doc. 91/29:34p.
- Robert, G., and M.A.E. Butler.** 1991. Scallop fishing grounds on the Scotian Shelf – 1990. CAFSAC Res. Doc. 91/25:31p.
- Robichaud, D.A., and A. Campbell.** 1991. Annual and seasonal size-frequency changes of trap-caught lobsters (*Homarus americanus*) in the Bay of Fundy. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.* 11:29-37.
- Robichaud, D.A., R.W. Elner, and R.F.J. Bailey.** 1991. Differential selection of crab *Chionocetes opilio* and *Hya* spp. as prey by sympatric cod *Gadus morhua* and thorny skate *Raja radiata*. *Fish. Bull.* 89:669-680.
- Roddick, D.L.** 1991. CAFSAC Invertebrates Committee Summary Sheet – Banquereau Bank Arctic surfclam, *Mactromeris polynyma*, 1991.
- Rourke, A.W., R.L. Saunders, and P.R. Harmon.** 1991. Changes in plasma protein patterns in smolting Atlantic salmon, *Salmo salar* L., are not dependent on changed growth rates. *J. Fish. Biol.* 39:35-43.
- Rowell, T.W.** 1991. Soft-shell clam enhancement project summary. Rep. to the Scotia-Fundy Clam Development Working Group, Jan. 23, Halifax, N.S.:ii+9 p.
- Salmon Genetics Research Program.** 1991. Newsletter to the New Brunswick Salmon Growers' Assoc., 3(1):4 p.
- Sathyendranath, S., A.D. Gouveia, S.R. Shetye, P. Ravindran, and T. Platt.** 1991. Biological control of surface temperature in the Arabian Sea. *Nature* 349(6304):54-56.
- Sathyendranath, S., and T. Platt.** 1991. Angular distribution of the submarine light field: modification by multiple scattering. *Proc. R. Soc. Lond. A* 433:287-297.
- Sathyendranath, S., T. Platt, E.P.W. Horne, W.G. Harrison, O. Ulloa, R. Outerbridge, and N. Hoepffner.** 1991. Estimation of new production in the ocean by compound remote sensing. *Nature* 353:129-133.
- Saunders, R.L.** 1991. Canadian studies on gene technology, biochemical markers and means of reducing genetic interaction between cultured and wild salmon. In: Report of the Working Group on Genetics. ICES C.M. 1991/F:45 (Mariculture Committee):7-15.
- Saunders, R.L.** 1991. Le concept de souche dans la gestion et la restauration des populations de saumon Atlantique. Dans: N. Samson and J.-P. le Bel (éds.), *Compte Rendu de l'atelier sur le nombre de reproducteurs requis dans les rivières à saumon, Île aux Coudres, Québec, Fév. 1988*. Min. du Loisir, de la Chasse et de la Pêche:65-80.
- Saunders, R.L.** 1991. Potential interaction between cultured and wild Atlantic salmon. *Aquaculture* 98:51-60.
- Saunders, R.L.** 1991. Salmonid mariculture in Atlantic Canada and Maine, U.S.A. In: R.H. Cook and W. Pennell (eds.), *Proc. Special session on salmonid aquaculture, World Aquaculture Assoc. meeting, 16 Feb. 1989*. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1831:21-36.
- Scarratt, D.J.** 1991. "...from the lab". Newspaper column on aquaculture related matters published monthly in *Atlantic Fish Farmer*, Jan. through Nov.
- Schneider, F.I., and K.H. Mann.** 1991. Species-specific relationships of invertebrates to vegetation in a seagrass bed. I. Correlational studies. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 145:101-117.

- Schneider, F.I., and K.H. Mann.** 1991. Species-specific relationships of invertebrates to vegetation in a seagrass bed. II. Experiments on the importance of macrophyte shape, epiphyte cover and predation. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 145:119-139.
- Schwinghamer, P., P.E. Kepkay, and A. Foda.** 1991. Oxygen flux and community biomass structure associated with benthic photosynthesis and detritus decomposition. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 147:9-35.
- Scott, S.A.** 1991. Genetics plays key role in 1990 returns to the SGRP. *Atlantic Salmon J.* 40(1):14.
- Scott, S.A.** 1991. Workshop on broodstock development. Salar, May.
- Semple, J.R.** 1991. Atlantic salmon habitat survey: enhancement opportunities and problems in the Dunbar Stream, Nashwaak River, New Brunswick. *Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2076:35 p.
- Sharp, G.** Report on the "Development of red seaweeds in Senegal" in collaboration with A. Tamba and T. Chopin. Prepared for the International Development Research Centre.
- Sharp, G., and R. Semple.** 1991. An assessment of *Ascophyllum nodosum* resources in Scotia-Fundy. *CAFSAC Res. Doc.* 91/52:30 p.
- Sharp, G., and R. Semple.** Information sheets for public meetings on the biology of *Ascophyllum nodosum*.
- Silvert, W.L.** 1991. The BSIM cookbook. BSIM-Central. DFO Internal Rep.:23 p.
- Silvert, W.L.** 1991. BSIM cookbook supplement for MS-DOS. DFO Internal Rep.:12 p.
- Silvert, W.L.** 1991. BSIM cookbook supplement for Unix. DFO Internal Rep.:5 p.
- Silvert, W.L.** 1991. BSIM programmers' manual. DFO Internal Rep.:20 p.
- Silvert, W.L.** 1991. Experiments in benthic modelling. In: P.M.J. Herman and C.H.R. Heip (eds.), Report of the Workshop, Modelling the Benthos (Mar. 20-22, Yerseke, The Netherlands). Delta Inst. for Hydrobiol. Res., Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, Comm. 538:175-188.
- Silvert, W.L.** 1991. The role of habitat changes during the early life stages of fish. *ICES C.M.* 1991/Mini:7:8 p.
- Silvert, W.L., and D.V. Subba Rao.** 1991. Dynamic model of the flux of domoic acid through the Cardigan Bay *Mytilus* population. In: D.C. Gordon (ed.), Proc. 2nd Canadian Workshop on Harmful Marine Algae. Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, N.S. Oct. 2-4, 1990. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1799:24.
- Sinclair, A., D. Gascon, R. O'Boyle, D. Rivard, and S. Gavaris.** 1991. Consistency of some Northwest Atlantic groundfish stock assessments. *NAFO Sci. Coun. Studies.* 16:59-77.
- Smith, J.N., R. Nelson, and S.E. Campana.** 1991. The use of Pb-210/Ra-226 and Th-228/Ra-228 dis-equilibria in the ageing of otoliths of marine fish. In: P.J. Kershaw and D.S. Woodhead (eds.), Radionuclides in the study of marine processes. Elsevier Applied Science, New York:350-359.
- Smith, S.J.** 1991. Assessing the efficiency of the groundfish survey design for the Scotian Shelf summer surveys - 1980-1990. *CAFSAC Res. Doc.* 91/39:15 p.
- Smith, S.J.** 1991. Book review of "Mathematical Analysis of Fish Stock Dynamics". In: E.F. Edwards and B.A. Megrey (eds.), *Trans. American Fisheries Soc.* 120:669-670.
- Smith, S.J., R.I. Perry, and L.P. Fanning.** 1991. Relationships between water mass characteristics and estimates of fish population abundance from trawl surveys. *Environ. Monitoring and Assessment* 17:227-245.
- Smith, S.J., and G. Robert.** 1991. Scallops, sampling, and the law. *Proc. American Statistical Assoc. Ann. Meet., Atlanta, GA.*
- Soto, C.G.** 1991. Fertilization and mortality rate of Atlantic salmon (*Salmo salar*) eggs during incubation. *SGRP Rep. Ser.* N° 134.
- Stefansson, S.O., B.Th. Björnsson, T. Hansen, C. Haux, G.L. Taranger, and R.L. Saunders.** 1991. Growth, parr-smolt transformation, and changes in growth hormone of Atlantic salmon (*Salmo salar*) reared under different photoperiods. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48:2100-2108.
- Stephenson, R.L.** 1991. Comparisons of tuning methods used in herring stock assessments in the northeast and northwest Atlantic. *ICES C.M.* 1991/H:39 (Sess U):8 p.
- Stephenson, R.L.** 1991. Competition in the Bay of Fundy. *National Fisherman* 72:1:24-25.
- Stephenson, R.L.** 1991. Stock discreteness of Atlantic herring: a review of arguments for and against. In: V. Wespestad, J. Collie, and E. Collie (eds.), Proc. Int. Herring Symp., Anchorage, AK, Oct. 23-25, 1990 (Lowell Wakefield Fisheries Symp.). Univ. of Alaska, Fairbanks:659-666.
- Stephenson, R.L., and D.J. Gordon.** 1991. Comparison of meristic and morphometric characters among spawning aggregations of northwest Atlantic herring, *Clupea harengus* L. In: V. Wespestad, J. Collie, and E. Collie (eds.), Proc. Int. Herring Symp., Anchorage, AK, Oct. 23-25, 1990 (Lowell Wakefield Fisheries Symp.). Univ. of Alaska, Fairbanks:279-297.
- Stephenson, R.L., and M.J. Power.** 1991. Diel vertical movements of Atlantic herring in relation to food availability and abundance. In: W. Wespestad, J. Collie, and E. Collie (eds.), Proc. Int. Herring Symp., Anchorage, AK, Oct. 23-25, 1990 (Lowell Wakefield Fisheries Symp.). Univ. of Alaska, Fairbanks:73-83.
- Stephenson, R.L., M. J. Power, U. Buerkle, W.H. Dougherty, D.J. Gordon, J.B. Sochasky, and G.D. Melvin.** 1991. Assessment of the 1990 4WX herring fishery. *CAFSAC Res. Doc.* 91/58:49 p.
- Stephenson, R.L., and J.B. Sochasky.** 1991. Epibenthic occurrence of Atlantic herring larvae during a study of vertical migration: implications for traditional sampling. In: V. Wespestad, J. Collie, and E. Collie (eds.), Proc. Int. Herring Symp., Anchorage, AK, Oct. 23-25, 1990 (Lowell Wakefield Fisheries Symp.). Univ. of Alaska, Fairbanks:85-101.
- Stewart, J.E.** 1991. Approaches to problems of diseases in aquaculture. *ICES Mar. Sci. Symp.* 192:206-210.
- Stewart, J.E.** 1991. Report of the study group on the potential for culture of species. *ICES C.M.* 1991/E:4:4 p.+4 tables.
- Stewart, J.E., and J.F. Jellett.** 1991. A review of marine and freshwater biotoxins of importance to human health. In: D.C. Gordon (ed.), Proc. 2nd Canadian Workshop on Harmful Marine Algae. Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, N.S. Oct. 2-4, 1990. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1799:26.
- Subba Rao, D.V.** 1991. Phytoplankton monitoring program around Nova Scotia. In: D.C. Gordon (ed.), Proc. 2nd Canadian Workshop on Harmful Marine Algae. Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, N.S. Oct. 2-4, 1990. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1799:27.
- Subba Rao, D.V.** 1991. Phytoplankton monitoring program interim reports for: 1) Torbay, 2) Ship Harbour, 3) St. Margarets Bay, 4) Woods Harbour, and 5) Digby. DFO Internal Rep. (Two sets of reports issued: one in May and one in Oct. 1991.)
- Subba Rao, D.V., F. Partensky, G. Wohlgeschaffen, and W.K.W. Li.** 1991. Gametogenesis in *Nitzschia pungens*, a toxic, bloom forming, marine diatom. In: D.C. Gordon (ed.), Proc. 2nd Canadian Workshop on Harmful Marine Algae. Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, N.S. Oct. 2-4, 1990. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1799:26.
- Subba Rao, D.V., F. Partensky, G. Wohlgeschaffen, and W.K.W. Li.** 1991. Flow cytometric and microscopic study of gametogenesis in *Nitzschia pungens* (Bacillariophyceae) a toxic, bloom-forming, marine diatom. *J. Phycol.* 27:21-26.
- Sushko, H., and K.R. Freeman.** 1991. The use of laser diffraction in measuring the effect of suspended sediment on the shell growth of mussels *Mytilus edulis*. *Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci.* N° 2121:28 p.
- Suthers, I.M., and K.T. Frank.** 1991. Comparative persistence of marine fish larvae from demersal versus pelagic eggs off southwestern Nova Scotia. *Mar. Biol.* 108:175-184.
- Takeuchi, T., R.G. Ackman, and S.P. Lall.** 1991. Differences in fatty acid composition of fish faeces as determined by two extraction methods. *J. Sci. Food Agric.* 56:259-264.
- Thouzeau, G., and G. Robert.** 1991. Spatial variability of the distribution and growth of juvenile sea scallops in relation to environmental conditions on eastern Georges Bank. 8th Int. Pectinid Workshop, Cherbourg, France (Abstract).
- Thouzeau, G., G. Robert, and S.J. Smith.** 1991. Spatial variability in distribution and

- growth of juvenile sea scallops, *Placopecten magellanicus* (Gmelin), on eastern Georges Bank (Northwest Atlantic). *Mar. Ecol., Prog. Ser.* 74:205-218.
- Thouzeau, G., G. Robert, and R. Ugarte.** 1991. Faunal assemblages of benthic megainvertebrates inhabiting sea scallop grounds from eastern Georges Bank, in relation to environmental factors. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 74:61-82.
- Thouzeau, G., and D. Vine.** 1991. Offshore sampling of the megabenthos techniques applied on Georges Bank. *Comptes-rendus Acad. Sci. Série III vol. 312 (12):607.*
- Topliss, B.M., L.A. Payzant, P.C.F. Hurley, J.R. Miller, and J. Freemantle.** 1991. Interpretation of multi-season, multi-year colour imagery for a continental shelf region. *Oceanologica Acta* 14:533-547.
- Tremblay, M.J.** 1991. The abundance of sea scallop larvae on the Northern Flank of Georges Bank: evidence for retention and convergence? *Ann. Meet. American Society of Limnology and Oceanography (Abstract).*
- Tremblay, M.J.** 1991. Does the behaviour of sea scallop larvae influence their dispersal? *J. Shellf. Res.* 10:273 (Abstract).
- Tremblay, M.J.** 1991. Factors affecting distribution (Workshop Report). *ICES Mar. Sci. Symp.* 132:40.
- Tremblay, M.J.** 1991. Sea scallop larvae (*Placopecten magellanicus*) in the Georges Bank region: distribution, abundance and condition. Ph.D. thesis, Dalhousie Univ., Halifax, N.S.:201 p.
- Tremblay, M.J.** 1991. Summary sheet 1991 – Lobster, LFA 33, South Shore, N.S. Presented to IMP Subcommittee of CAFSAC, Feb.
- Tremblay, M.J., and M. Sinclair.** 1991. Inshore-offshore differences in the distribution of sea scallop larvae: implications for recruitment (Abstract). *ICES Mar. Sci. Symp.* 132:39.
- Trippel, E.A., R. Eckmann, and J. Hartmann.** 1991. Potential effects of global warming on whitefish in Lake Constance, Germany. *Ambio* 20:226-231.
- Trippel, E.A., and H.H. Harvey.** 1991. Comparison of methods used to estimate age and length of fishes at sexual maturity using populations of white sucker (*Catostomus commersoni*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48:1446-1459.
- Trippel, E.A., P. Perley, and J.D. Neilson.** 1991. Spermatocrit and sperm swimming speed do not correlate with fertilization success in Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Larvi '91 – Fish & Crustacean Larviculture Symp.* 15:227-229.
- Ugarte, R.** Behaviour and ecophysiology of late-stage female lobsters (*Homarus americanus* (Milne-Edwards)) along Nova Scotia's eastern shore. Research proposal.
- Waddy, S.L. (ed.).** 1991. *Bull. Aquacult. Assoc. Can.* 91-1:92 p.
- Waddy, S.L. (ed.).** 1991. *Bull. Aquacult. Assoc. Can.* 91-2:68 p.
- Waddy, S.L. (ed.).** 1990. *Proc. Ann. Meeting Aquaculture Assoc. of Canada. Bull. Aquacult. Assoc. Can.* 90-4:100 p.
- Waddy, S.L. (ed.).** 1991. *Proc. 1991 Annual Meeting, St. Andrews, N.B. Bull. Aquacult. Assoc. Can.* 91-3:128 p.
- Waddy, S.L.** 1991. Seasonal variation in spawning response by lobsters (*Homarus americanus*) to temperature and photoperiod manipulation. *Amer. Zool.*:31:23A (Abstract).
- Waddy, S.L.** 1991. The view from here. *Bull. Aquacult. Assoc. Can.* 91-3:13.
- Waddy, S.L., and D.E. Aiken.** 1990. Introduction of spawning in preovigerous American lobsters. *Bull. Aquacult. Assoc. Can.* 90-4:83-85.
- Waddy, S.L., and D.E. Aiken.** 1991. Egg production in the American lobster, *Homarus americanus*. In: A. Wenner and A. Kuris (eds.), *Crustacean Issues 4: Crustacean Egg Production*. Balkema Press, Amsterdam: 281-301.
- Waddy, S.L., and D.E. Aiken.** 1991. Mating and insemination in the American lobster, *Homarus americanus*. In: R.T. Bauer and J.W. Martin (eds.), *Crustacean sexual biology*. Columbia Univ. Press, New York: 126-144.
- Waiwood, K.G.** 1991. Halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) a potential aquaculture species for the Maritimes. *Aquanotes* 16:32-36.
- Waiwood, K.G., S.J. Smith, and M.R. Petersen.** 1991. Feeding of cod (*Gadus morhua*) at low temperatures. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48:824-831.
- Waldron, D.E., M.A. Showell, and G. Harrison.** 1991. Status of the Scotian Shelf silver hake (whiting) population in 1990. *NAFO SCR Doc.* 91/42, Serial N° N1922: 34 p.
- White, W.J.** Limitations of Habitat Evaluation Procedure (H.E.P.) models for fish habitat management. In: *Collected papers on fish habitat with emphasis on salmonids*. CAFSAC Res. Doc. 90/77:237-254.
- Wildish, D.J.** 1991. A history of flow simulation studies at St. Andrews Biological Station. *Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2134:iii+25 p.
- Wildish, D.J., F. Bouvet, R.H. Peterson, and J.L. Martin.** 1991. The effect of marine, microalgal extracts on the salmon smolt electrocardiogram. In: D.C. Gordon (ed.), *Proc. 2nd Canadian Workshop on Harmful Marine Algae*. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1799:28-29 (Abstract).
- Wildish, D.J., and B. Frost.** 1991. Volumetric growth in gammaridean *Amphipoda*. *Hydrobiologia* 223:171-176.
- Wildish, D.J., and V. Zitko.** 1991. Chemical oceanographic conditions in Black's Harbour, N.B. in 1989-1991. *Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2132:iii+11 p.
- Woo, P.** 1991. Soft-shell clam (*Mya arenaria*) survey of Cole Harbour, Nova Scotia – 1984. *Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2090:iv+35 p.
- Zwanenburg, K.** 1990. Haddock on the Eastern Scotian Shelf 1990. CAFSAC Res. Doc. 90/92.
- Zwanenburg, K., and P. Comeau.** 1991. Haddock on the Eastern Scotian Shelf 1991. CAFSAC Res. Doc. 91/47.

## DIRECTION DES SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

### 1990

- Aagaard, K., E.C. Carmack, E.P. Jones, G. Ostlund, P. Schlosser, and J.H. Swift.** 1990. Position paper, Circulation of the Arctic Ocean: issues and priorities. In: *Arctic System Science, Ocean-Atmosphere-Ice Interactions*. Workshop at UCLA Lake Arrowhead Conf. Center, Mar. 12-16. Joint Oceanographic Institutions Inc., Washington, DC.
- Addison, R.F., and K.R. Clarke.** 1990. The IOC/GEOP Bermuda Workshop – introduction. *J. Exp. Mar. Ecol.* 138:1-8.
- Addison, R.F., D. Fitzpatrick, and K.W. Renton.** 1990. Distribution of aminolevulinic acid synthetase and S-aminolevulinic acid dehydratase in liver and kidney of rainbow trout (*Salmo gairdnerii*). *Comp. Biochem. Physiol.* 95B:317-319.
- Amaratunga, T., and R.K. Misra.** 1990. Identification of soft-shell clam (*Mya arenaria* Linnaeus, 1758) stocks in eastern Canada based on multivariate morphometric analysis. *J. Shellf. Res.* 8(2):391-397.
- Anderson, L.G., D. Dyrssen, and E.P. Jones.** 1990. An assessment of the transport of atmospheric CO<sub>2</sub> into the Arctic Ocean. *J. Geophys. Res.* 95(C2):1703-1711.
- Belliveau, D.J., G.L. Bugden, B.M. Eid, and C.J. Calnen.** 1990. Sea ice velocity measurements by upward-looking Doppler current profilers. *J. Atmos. Oceanic Tech.* 9(4): 596-602.
- Belliveau, D.J., and J.W. Loder.** 1990. Velocity errors associated with using short pulse lengths in a 150-kHz acoustic Doppler current profiler. *Proc. 4th IEEE Working Conf. on Current Measurement*:231-243.
- Bewers, J.M.** 1990. ICES Observer's Report of the 13th Session of Contracting Parties to the London Dumping Convention, London, U.K., Oct. 28–Nov. 2.
- Bewers, J.M.** 1990. ICES Observer's Report of the 13th Session of the Scientific Group of the London Dumping Convention, London, U.K., Apr. 23-27.
- Bewers, J.M.** 1990. ICES Observer's Report of the 2nd Session of the IOC/IAEA/UNEP Group of Experts on Standards and Reference Materials, Halifax, N.S., Jan. 22-26.
- Bewers, J.M.** 1990. ICES Observer's Report on the XXth Session of IMO/FAO/UNESCO/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution (GESAMP).
- Bewers, J.M.** 1990. Marine environmental protection initiatives in Europe: steps to emulate and steps to avoid. In: *The Gulf of Maine: Sustaining Our Common Heritage*, Proc. of an Int. Conf., Maine State Planning

- Office and the Canadian-American Center of the Univ. of Maine:177-202.
- Bewers, J.M.** 1990. Strategic Plan for the Marine Analytical Chemistry Standards Program 1990-95 and Beyond. National Research Council, Appendix H-J in Committee on Marine Analytical Chemistry:56 p.
- Bewers, J.M., A. Clarke, and B. Petrie.** 1990. Strategy for monitoring the east coast continental shelves and adjacent oceans. DFO Internal Document:29 p.
- Bewers, J.M., and R.J. Pentreath.** 1990. Comparison of risks associated with marine fish consumption. ICES Paper, E:3.
- Brickman, D., and J.W. Loder.** 1990. The internal tide on Georges Bank. EOS 71:1363 (Abstract).
- Burridge, L.E., and K. Haya.** 1990. Seasonal lethality of pentachlorophenol to juvenile Atlantic salmon. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 45:888-892.
- Buscail, R., R. Pocklington, R. Daumas, and L. Guidi.** 1990. Fluxes and budget of organic matter in the benthic boundary layer over the NW Mediterranean Margin. Cont. Shelf Res. 10:1089-1122.
- Cai, D., F.C. Tan, and D.L. Roddick.** 1990. Oxygen isotope studies on the growth rate of sea scallop, *Placopecten magellanicus*, from Browns Bank, Canada. Oceanologica et Limnologia Sinica 21(6):550-559 (in Chinese).
- Campana, S.E., K.C.T. Zwanenburg, and J.N. Smith.** 1990. Pb-210/Ra-226 Determination of longevity in redfish. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47(1):163-165.
- Cantillo, A.Y., and J.M. Bewers.** 1990. A catalogue of marine standards and reference materials. ICES Paper, E:2.
- Chen, C.-T.A., E.P. Jones, and K. Lin.** 1990. Wintertime total carbon dioxide measurements in the Norwegian and Greenland Seas. Deep Sea Res. 37(9):1455-1473.
- Chui, Y.C., R.F. Addison, and F.C.P. Law.** 1990. Acute toxicity and toxicokinetics of chlorinated diphenyl ethers in trout. Xenobiotica 20(5):489-499.
- Clarke, R.A.** 1990. A venture toward improved understanding of the oceans' role in climate: Greenland Sea Project. EOS Trans., Amer. Geophys. Union 71(24):750-751, 754-755.
- Clarke, R.A.** 1990. Water mass transformations in the Nordic Seas: the ICES Deep-Water Project. Deep Sea Res. 37(9a):1383-1384.
- Clarke, R.A., A. Foldvik, E.P. Jones, J. Meinke, D. Quadfasel, and J.H. Swift.** 1990. Development of convective penetration in the Greenland Sea during February-March 1989. Annales Geophysicae, European Geophysical Society XV General Assembly Special Issue:205, also EOS 71(2):125 (Abstract).
- Clarke, R.A., J.H. Swift, J.L. Reid, and K.P. Koltermann.** 1990. The formation of Greenland Sea deep water: double diffusion or deep convection? Deep Sea Res. 37(9):1385-1424.
- Core Project Working Group.** 1990. Report of the 2nd Meeting, CP1-3. WOC Report, Sept. 1989, WOCE Int. Project Office, Wormley, U.K.:18 p.
- Crocker, G., and K. Tuff.** 1990. Measurement of ice bottom melt in the Labrador marginal ice zone: Baffin Cruise March 5-30, 1990. C-Core Contract Number 90-C7.
- Dessureault, J.-G., D.J. Belliveau, and S.W. Young.** 1990. Design and tests of a trawl-resistant package for ADCPs. In: G.F. Appell and T.B. Curtin (eds.), Proc. IEEE 4th Working Conf. on Current Measurement: 244-251.
- DeYoung, B., and C.L. Tang.** 1990. Storm-forced response of baroclinic near-inertial currents on the Grand Banks. J. Phys. Oceanogr. 20:1725-1741.
- Drinkwater, K.F.** 1990. A review of the physical and chemical oceanography of Hudson Strait. In: J. Percy (ed.), Proc. of a Workshop: Marine Ecosystem Studies in Hudson Strait. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. N° 1770.
- Drinkwater, K., E. Horne, J. Loder, and N. Oakey.** 1990. The Georges Bank Frontal Study. In: M.G.G. Foreman and H.J. Freeland (eds.), 24th Annual Cong. of the Canadian Meteorological and Oceanographic Society Cong., Climate Variability: Causes and Consequences. Peninsula Printers, Sidney, B.C.:91 (Abstract).
- Drinkwater, K., J. Loder, and F.H. Page.** 1990. Currents and horizontal diffusion on Georges Bank as measured by drifting buoys. In: M.G.G. Foreman and H.J. Freeland (eds.), 24th Annual Cong. of the Canadian Meteorological and Oceanographic Society Cong., Climate Variability: Causes and Consequences. Peninsula Printer, Sidney, B.C.:77-78 (Abstract).
- Drinkwater, K.F., and R.W. Trites.** 1990. Overview of environment conditions in the northwest Atlantic in 1989. NAFO Doc. 90/83:19 p.
- Ellis, K.M., R.W.P. Nelson, and J.N. Smith.** 1990. Environmental Monitoring Report for the Point Lepreau, N.B., Nuclear Generating Station - 1987, 1988. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. N° 128:v+91 p.
- Fader, G., and B. Petrie.** 1990. Halifax Harbour: how the currents affect sediment distribution. In: T.E. Smith (ed.), Science Review 1988 & '89. Dept. of Fisheries and Oceans, Dartmouth, N.S.:31-35
- Fissell, D.B., and J.R. Birch.** 1990. Satellite-tracked drifting buoy measurements off Labrador and Newfoundland, 1981-1983. Can. Contract. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 38:ix+106 p.
- Fournier, R., R. Cote, G. Fader, D. Gordon, J. Grant, L. Griffiths, P. Klaamas, B. Nicholls, P. Pelham, B. Petrie, S. Purdy, and D. Waller.** 1990. Halifax Harbour Task Force Final Report:vii+84 p.
- Frank, K.T., R.I. Perry, and K.F. Drinkwater.** 1990. Predicted response of Northwest Atlantic invertebrate and fish stocks to CO<sub>2</sub>-induced climate change. Trans. Amer. Fish. Soc. 119:353-365.
- Garrett, C., T. Jackson, R. Pocklington, and J. Woodley.** 1990. A review of the needs of the Univ. of the West Indies and the CARICOM Region for marine science expertise and information. ICOD (Project 880261):19 p.
- Gearing, J.N., and R. Pocklington.** 1990. Organic geochemical studies in the St. Lawrence Estuary. In: M.I. El-Sabh and N. Silverberg (eds.), Oceanography of a Large-Scale Estuarine System - The St. Lawrence. Springer:170-201.
- Gershay, R.M., M.P. Hingston, E.P. Jones, and J.R.N. Lazier.** 1990. Profiles of CFC-11, CFC-113 and carbon tetrachloride in the Labrador Sea determined by a purge-and-trap/GC method. Proc. Fall AGU Meeting, EOS 71(43):1400.
- Gershay, R.M., E.P. Jones, and J.R. Lazier.** 1990. Halocarbon Tracers in the Labrador Sea. Poster at AGU Meeting, Dec.
- Greenberg, D.A.** 1990. The contribution of modelling to understanding the dynamics of the Bay of Fundy and Gulf of Maine. In: A.M. Davies (ed.), Modelling Marine Systems, Vol II. CRC Press, Boca Raton, FL:107-140.
- Greenberg, D.A., and D.R. Lynch.** 1990. Finite element models for continental shelf studies. In: M. Rahman (ed.), Ocean Wave Mechanics, Computation Fluid Dynamics and Mathematical Modelling. Proc. Canadian Applied Math Conf., Halifax, N.S., May 28-June 1:727-738.
- Gregory, D.N., E. Verge, and P. Langille.** 1990. Long-term temperature monitoring program 1989: Scotia-Fundy and the Gulf of St. Lawrence. Can. Data Rep. Hydrogr. Ocean Sci. N° 84: vi+175 p.
- Hansen, P.-D., and Addison, R.F.** 1990. The use of mixed function oxidases (MFO) to support biological effects monitoring in the sea. ICES C.M. 1990/E:33.
- Haya, K., J.L. Martin, B.A. Waiwood, L.E. Burridge, J.M. Hungerford, and V. Zitko.** 1990. Identification of paralytic shellfish toxins in mackerel from Southwest Bay of Fundy, Canada. In: E. Granéli, B. Sundström, L. Edler, and D.M. Anderson (eds.), Toxic Marine Phytoplankton. Elsevier Scientific, New York:350-355.
- Hebert, D., N. Oakey, and B. Ruddick.** 1990. Evolution of a Mediterranean salt lens: part 1, Scalar properties. J. Phys. Oceanogr. 20(9):1468-1483.
- Hendry, R.M.** 1990. C.S.S. Hudson 89-037 Cruise Report. Unpublished manuscript:47 p.
- Hendry, R.M.** 1990. Mapping Gulf Stream currents from arrayed measurements. In: Proc. World Meteorological Organization, 1st Int. Symp. on Data Assimilation in Meteorology and Oceanography, Clermont-Ferrand, France.
- Horne, E.P.W., and J.W. Loder.** 1990. Hydrographic and nutrient distributions on Northeastern Georges Bank in 1988. EOS 71:916 (Abstract).



- Ikeda, M.** 1990. Decadal oscillations of the air-ice-ocean system in the northern hemisphere. *Atmosphere-Ocean* 28(1):106-139.
- Ikeda, M.** 1990. Feedback mechanism among decadal oscillations in the northern hemisphere atmospheric circulation, sea ice, and ocean circulation. *Ann. Glaciol.* 14:120-123.
- Johnson, B.D., K. Kranck, and D.K. Muschenheim.** 1990. Physio-chemical factors in particle aggregation. In: Roger S. Wotton (ed.), *Biology of Particles in Aquatic Systems*. CRC Press, Boca Raton, FL:57-81.
- Jones, E.P., and L.G. Anderson.** 1990. On the origin of the properties of the Arctic Ocean halocline north of Ellesmere Island: results from the Canadian Ice Island. *Cont. Shelf Res.* 10(5):485-498.
- Jones, E.P., and L.G. Anderson.** 1990. Tracing upper waters in the Arctic Ocean. In: *Proc. of Role of the Polar Regions in Global Climate Change*, Fairbanks, AK.
- Jones, E.P., L.G. Anderson, and K.P. Koltermann.** 1990. The flow of upper waters in the Arctic Ocean and out Fram Strait. *Proc. 1990 Ocean Sciences Meet., EOS* 71(2): 125.
- Jones, E.P., and R.A. Clarke.** 1990. The Arctic Ocean: Its role in the global climate engine. In: T.E. Smith (ed.), *Science Review 1988 & '89*. Dept. of Fisheries and Oceans, Dartmouth, N.S.:55-60.
- Jones, E.P., D.M. Nelson, and P. Tregner.** 1990. Chemical oceanography. In: W.O. Smith Jr. (ed.), *Polar Oceanography, Part B: Chemistry, Biology, and Geology*. Academic Press:407-476.
- Lee, K., K.L. Tay, C.N. Ewing, and W.M. Levy.** 1990. Toxicity and environmental impact assessment tests based on the activity of indigenous bacteria. *Ocean Dumping Report 4*, Environment Canada:138 p.
- Lee, K., K.L. Tay, E.M. Levy, C.N. Ewing, and S.E. Cobanli.** 1990. Application of microbial exoenzyme activity measurements to assess the impact of dredge spoils disposal in Pictou Harbour, Nova Scotia and the Miramichi River, New Brunswick. *Ocean Dumping Report 6*, Environment Canada: 95 p.
- Lee, K., K.L. Tay, E.M. Levy, C.N. Ewing, and S.E. Cobanli.** 1990. Microbial exoenzyme activity at the Heron Island Ocean Dumpsite (Bay of Chaleur): ten years after the disposal of dredged sediment from Dalhousie, New Brunswick. *Ocean Dumping Report 5*, Environment Canada:82 p.
- Lee, K., E.M. Levy, and F.C. Tan.** 1990. Significance of natural hydrocarbon seepage to benthic productivity on the Baffin Shelf. *Geological Assoc. of Canada Annual Meeting, Vancouver, May 16-18, Program and Abstracts, PA 75* (Abstract).
- Levy, E.M.** 1990. A bibliography of the occurrence and distribution of persistent debris (oil, plastics, etc.) in the world ocean. Prepared for the DFO National Committee on Persistent Marine Debris (unpubl. report).
- Levy, E.M.** 1990. Soil microbiology: biodegradation of oil and plastics. In: 1991 McGraw-Hill Yearbook of Science and Technology. McGraw-Hill, New York: 395-398.
- Levy, E.M., and K. Lee.** 1990. Biodegradation of petroleum and plastics. In: McGraw-Hill Yearbook of Science and Technology. McGraw-Hill, New York:395-398.
- Lively, R.R., and B. Petrie.** 1990. Labrador Current variability study: current meter observations October 1985 to January 1986. *Can. Data Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* N° 91: v+146 p.
- Loder, J.W., K.F. Drinkwater, and F.H. Page.** 1990. Current observations at the Georges Bank Tidal Front. *EOS* 71:95-96 (Abstract).
- Loder, J.W., and J.M. Hamilton.** 1990. Degradation of paddle-wheel Aanderaa current measurements by mooring vibration in a strong tidal flow. *Proc. 4th IEEE Conf. on Current Measurements:107-119*.
- Loder, J.W., R.G. Pettipas, and D.J. Belliveau.** 1990. Intercomparison of current measurements from the Georges Bank Frontal Study. *Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* N° 127:vi+75 p.
- Loring, D.H.** 1990. A guide to the interpretation of metal concentrations in estuarine and coastal sediments of the Gulf of St. Lawrence, Bay of Fundy, and Baffin Bay. *EPS Report:65 p*.
- Loring, D.H.** 1990. Lithium – a new approach for the granulometric normalization of trace metal data. *Mar. Chem.* 29:155-168.
- Loring, D.H.** 1990. Lithium normalization as an interpretive tool for evaluating metal contamination in estuarine sediments. *Environmental Contamination Proc., Barcelona, Spain:386-388*.
- Loring, D.H., and R.T.T. Rantala.** 1990. Sediments and suspended particulate matter: total and partial methods of digestion for estuarine and coastal sediments. *Tech. Mar. Environ. Sci.* 9:14 p.
- Loring, D.H., and R.T.T. Rantala.** 1990. Total and partial methods of digestion for estuarine and coastal sediments and suspended particulate matter. *Tech. Mar. Env. Sci., Int. Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen, Denmark (Video – 20 minutes)*.
- Martin, J.L., K. Haya, L.E. Burrige, and D.J. Wildish.** 1990. *Nitzschia pseudo-delicatissima* – a source of domoic acid in the Bay of Fundy, Eastern Canada. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* (67):177-182.
- McClelland, G., R.K. Misra, and D.J. Martell.** 1990. Larval anisakine nematodes in various fish species from Sable Island Bank and vicinity. *Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.* 222:83-118.
- McKenzie, C., R. Penney, R. Pocklington, and A. Cembella.** 1990. Occurrence of selected plankton species and shellfish toxins in tissues of the Giant Scallop *Placopecten magellanicus* at two aquaculture sites in Newfoundland, 1989. In: *Phytotoxin Workshop, DFO*.
- McKeown, D.L.** 1990. Bearing measurement with the Honeywell Hydrostar acoustic positioning receiver. *Proc. Intervention '90 Conf. and Exposition, Vancouver, B.C., June 25-27:257-261*.
- McKeown, D.L.** 1990. Marine acoustic navigation and positioning: a status report. *Proc. Int. Workshop on Marine Acoustics, Beijing, China, Mar. 26-30:63-72*.
- McKeown, D.L.** 1990. Report of the Workshop on Sediment/Water Interface Technology. *BIO Dec. 3 and 4:1-37*.
- McKeown, D.L.** 1990. ROVs as work platforms: convincing the scientist. *Proc. Intervention '90 Conf. and Exposition, Vancouver, B.C., June 25-27:164-168*.
- Middleton, J.F., and D.G. Wright.** 1990. Coastally trapped waves in a stratified ocean. *Notes and Correspondence, J. Phys. Oceanogr.* 20(9):1521-1527.
- Middleton, J.F., and D.G. Wright.** 1990. Coastally trapped waves on the Labrador Shelf. *Applied Mathematics Preprint/ U.N.S.W.*
- Misra, R.K., and J.F. Uthe.** 1990. Reflections on monitoring geographical distribution, time trends, and identification of contaminants requiring length-stratified sampling of fish. Annex 6 to the Report of the 1990 Meeting of the Working Group on Statistical Aspects of Trend Monitoring. *ICES CM 1990/POLL:6, Ref:D+E, 38-43*.
- Misra, R.K., and J.F. Uthe.** 1990. Weighted procedure of analyzing for time trends in contaminant levels in CMP data: application to cod and flounder data of the Belgian coast. *J. Conseil Internat. Explor. Mer.* 47:65-75.
- Monaco, A., P. Biscaye, J. Soyer, R. Pocklington, and S. Heussner.** 1990. Particle fluxes and ecosystems response on a continental margin: the 1985-1988 Mediterranean ECOMARGE experiment. *Cont. Shelf Res.* 10:809-839.
- Mook, W.G., and F.C. Tan.** 1990. Stable carbon isotopes in rivers and estuaries. In: E.T. Degens, S. Kempe, and J.E. Richey (eds.), *Biogeochemistry of Major World Rivers*. SCOPE 41. John Wiley & Sons: 245-264.
- Myers, R.A., S.A. Akenhead, and K. Drinkwater.** 1990. The influence of Hudson Bay runoff and ice-melt on the salinity of the inner Newfoundland Shelf. *Atmosphere-Ocean* 28(2):241-256.
- Novelli, A., J. Kispert, A. Reilly, and V. Zitki.** 1990. Supplement – Proc. of a Symp. on Domoic Acid Toxicity, Ottawa, Ont., 11-12 Apr. 1989. 17. Excitatory amino acids toxicity in cerebellar granule cells in primary culture. *Canada Diseases Weekly Report (ISSN 0382-232X) Vol. 16S1E:83-89*.
- Oakey, N.S.** 1990. Instrumentation and the study of small-scale processes in bio-physical coupling problems. *AGU-ASLO Meeting, New Orleans, Feb.*
- Oakey, N.S.** 1990. Turbulent kinetic energy dissipation and mixing rates at the Georges Bank tidal front. *AGU-ASLO Meeting, New Orleans, Feb.*
- Perrie, W., and B. Toulany.** 1990. Evolution

- of nonlinear energy fluxes in the high-frequency equilibrium range of the wind-wave spectrum. In: M. Rahman (ed.), Proc. 11th Canadian Applied Math. Conf., Halifax, N.S. Comp. Mech. Publ., Boston:95-106.
- Perrie, W., and B. Toulany.** 1990. Fetch relations for wind-generated waves as a function of wind stress scaling. In: M.G.G. Foreman and H.J. Freeland (eds.), 24th Ann. Canadian Meteorological and Oceanographic Society Cong., Climate Variability: Causes and Consequences. Peninsula Printers, Sidney, B.C. (Abstract).
- Perrie, W., and B. Toulany.** 1990. Fetch relations for wind-generated waves as a function of wind-stress scaling. *J. Phys. Oceanogr.* 20(11):1666-1681.
- Perry, I., G. Harding, K. Drinkwater, J. Tremblay, and C. Taggart.** 1990. Zooplankton Distributions Across the Georges Bank Tidal Front: Relationships with the Physical Dynamics. *EOS* 71:96 (Abstract).
- Perry, I., G. Harding, K. Drinkwater, J. Tremblay, and C. Taggart.** 1990. Biological studies on the Georges Bank Tidal Front: zooplankton distributions. In: M.G.G. Foreman and H.J. Freeland (eds.), 24th Ann. Canadian Meteorological and Oceanographic Society Cong., Climate Variability: Causes and Consequences. Peninsula Printers, Sidney, B.C.:32-33 (Abstract).
- Perry, I., G. Harding, J. Loder, K. Drinkwater, J. Tremblay, C. Taggart, and M. Sinclair.** 1990. The Georges Bank Frontal System: mechanisms of plankton retention or dispersal. ICES Working Paper, CM 1990/L:8:19 p.
- Peterson, I.K.** 1990. Sea ice velocity fields off Labrador and Eastern Newfoundland derived from satellite imagery: 1984-1987. *Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* N° 129:vi+85 p.
- Petrie, B.** 1990. Fecal coliform in the Harbour. In: Halifax Harbour Task Force: Appendices:42-61.
- Petrie, B.** 1990. Metals in the water column and sediment. In: Halifax Harbour Task Force: Appendices:62-65.
- Petrie, B.** 1990. Monthly means of temperature, salinity, and Sigma-T for the Gulf of St. Lawrence. *Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* N° 126:iv+137 p.
- Petrie, B.** 1990. Physical Oceanography of the Harbour. In: Halifax Harbour Task Force: Appendices:1-14.
- Petrie, B.** 1990. Sewage treatment scenarios. In: Halifax Harbour Task Force: Appendices.
- Petrie, B., and P. Yeats.** 1990. Simple models of the circulation, dissolved metals, suspended solids and nutrients in Halifax Harbour. *Water Pollut. Res. J. Can.* 25(3): 325-349.
- Petrie, B., and P. Yeats.** 1990. Trace metals, suspended particulate matter and nutrients. In: Halifax Harbour Task Force: Appendices: 15-41.
- Pocklington, R., N.C. Crewe, M. Derepentigny, J.D. Leonard, M.A. Quilliam, W.H. Hardstaff, M. Xie, and P.G. Sim.** 1990. Microbore HPLC for isolating domoic acid – tracing mussel toxin in series of poisonings. *PEAK*:2-3.
- Pocklington, R., J.E. Milley, S.S. Bates, C.J. Bird, A.J.W. Defreitas, and M.A. Quilliam.** 1990. Trace determination of domoic acid in seawater and phytoplankton by high-performance liquid chromatography of the fluorenylme-thoxycarbonyl (FMOC) derivative. *Internat. J. Environ. Analyt. Chem.* 38:351-368.
- Pocklington, R., and M.A. Quilliam.** 1990. The PEI mussel mystery as an example of analytical chemistry applied to a marine problem. In: Abstracts, 73rd Canadian Chemical Conf. and Exhibition, CIC.
- Quon, C., and H. Sandstrom.** 1990. A numerical algorithm to study internal solitary waves. *J. Comput. Phys.* 86(1):168-186.
- Rahman, M., and W. Perrie.** 1990. Boundary element analysis for the flow around a submerged ice floe. *Computational Mechanics Publs., Hydrosoft J.* 3(2):69-72.
- Rantala, R.T.T., and D.H. Loring.** 1990. Determination of lithium and in the NRCC marine sediments: MESS-I, BCSS-I, PACS-I, and the NIST River Sediment: SRM 2704. *Geostandards Newsletter* 14(3):475-476.
- Resio, D.T.** 1990. Theoretical study of wind-generated surface ocean wave-current interactions. *Can. Contract. Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* N° 37:iv+29 p.
- Ross, C.K.** 1990. Currents and temperature data from Northwestern Baffin Bay, September 1983–September 1984. *Can. Data Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* N° 78:viii+227 p.
- Ross, C.K.** 1990. Currents and temperature data from Southwestern Baffin Bay, October 1984–October 1985. *Can. Data Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* N° 79:vii+180 p.
- Sameoto, D., N. Cochrane, and A. Herman.** 1990. Use of multiple frequency acoustics and other methods in estimating copepod and euphausiid abundances. ICES 1990 Printed Conf. Presentation:9 p.+figs.
- Sameoto, D.D., and A.W. Herman.** 1990. Life cycle and production of *C. finmarchicus* in deep basins on the Nova Scotia Shelf and seasonal changes in *Calanus* spp. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 66:225-237.
- Sandstrom, H., and C. Quon.** 1990. Evolution and properties of internal solitary waves in a two-layered fluid, a numerical and analytical study. In: M. Rahman (ed.), *Ocean Waves Mechanics, Computational Fluid Dynamics and Mathematical Modelling*. Comp. Mech. Publ., Southampton, Boston:207-215.
- Sangalang, G.B., H.C. Freeman, J.F. Uthe, and L.S. Sperry.** 1990. Effects of diet or liming on steroid hormone metabolism and reproduction in the Atlantic Salmon, *Salmo salar*, held in an acidic river (Westfield River, pH 4.7-5.2), Nova Scotia. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47(12):2422-2430.
- Schafer, C.T., J.N. Smith, and R. Cote.** 1990. The Saguenay Fjord: a major tributary to the St. Lawrence Estuary. In: M. El-Sabih and N. Silverberg (eds.), *Oceanography of a Large-Scale Estuarine System*. Springer-Verlag, New York:378-414.
- Smith, J.C., R. Cormier, J. Worms, C.J. Bird, M.A. Quilliam, R. Pocklington, R. Angus, and L. Hanic.** 1990. Toxic blooms of the domoic-acid-containing diatom *Nitzschia pungens* in the Cardigan River, Prince Edward Island in 1988. In: E. Granéli (ed.), *Proc. 4th Int. Conf. Toxic Marine Phytoplankton*, Lund, Sweden, June 1989:227-232.
- Smith, J.N., K.M. Ellis, and E.P. Jones.** 1990. Cs-137 transport into the Arctic Ocean through Fram Strait. *J. Geophys. Res.* 95(C2): 1693-1701.
- Smith, J.N., and K.M. Ellis.** 1990. Time-dependent transport of Chernobyl radioactivity between atmospheric and lichen phases in Eastern Canada. *J. Environ. Rad.* 11:151-168.
- Smith, J.N., and E.M. Levy.** 1990. Geochronology for PAH contamination recorded in the sediments of the Saguenay Fjord. *Environ. Sci. Tech.* 24:874-879.
- Smith, P.C., P.C.F. Hurley, K.T. Frank, S.E. Campana, P.A. Koeller, R.I. Perry, and R.N. O'Boyle.** 1990. The Fisheries Ecology Program. In: T.E. Smith (ed.), *Science Review 1988 & '89*. Dept. of Fisheries and Oceans, Dartmouth, N.S.:23-30.
- Smith, R.E., W.G. Harrison, L.R. Harris, and A.W. Herman.** 1990. Vertical fine structure of particulate matter and nutrients in sea ice of the High Arctic. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47(7):1348-1355.
- Smith, S.D.** 1990. (ed.) *HEXOS Newsletter* 12, Oct. 1990. Bedford Institute of Oceanography:6 p.
- Smith, S.D.** 1990. Influence of croplet evaporation on HEXOS humidity and temperature profiles. In: P.G. Mestayer, E.C. Monahan and P.A. Beetham (eds.), *Proc. NATO Workshop on Modelling the Fate and Influence of Marine Spray*, Marine Sciences Institute, Univ. of Connecticut:171-174.
- Smith, S.D.** 1990. Overview of the HEXOS Programme. In: P.G. Mestayer, E.C. Monahan, and P.A. Beetham (eds.), *Modelling the Fate and Influence of Marine Spray*, Proc. of a Workshop, Univ. of Connecticut, Groton, CT:96-99.
- Smith, S.D.** 1990. Reply to comment by J. Wu on Smith's 1988 "Coefficients for sea surface wind stress, heat flux, and wind profiles as a function of wind speed and temperature." *J. Geophys. Res.* 95(C2): 1777-1778.
- Smith, S.D.** 1990. Review of the oceanography and micrometeorology of Arctic leads and polynyas. In: S.F. Ackley and W.F. Weeks (eds.), *Ice Properties and Processes*, Proc. W.F. Weeks Sea Ice Symp., Cold Regions Res. and Eng. Lab, Hanover, NH, Monograph 90-1:123-126.
- Smith, S.D., K.B. Katsaros, W.A. Oost, and P.G. Mestayer.** 1990. Two major experiments in the Humidity Exchange Over the Sea (HEXOS) program. *Bull. Amer. Meteorol.*

- Soc. 71:161-172.
- Smith, S.D., R.D. Muench, and C.H. Pease.** 1990. Polynyas and leads: an overview of physical processes and environment. *J. Geophys. Res.* 96(C6):9461-9480.
- Stegeman, J.J., K.W. Renton, B.R. Woodin, Y.-S. Zhang, AND R.F. Addison.** 1990. Experimental and environmental induction of Cytochrome P-450E in fish from Bermuda waters. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 138:49-67.
- Stocker, T.F., D.G., Wright, and L.A. Mysak.** 1990. A coupled, zonally averaged atmosphere-ocean model: variations of the thermohaline circulation. *Inst. Conf. on the Role of the Polar Regions in Global Change, Univ. of Alaska, Fairbanks.*
- Stocker, T.F., D.G. Wright, and L.A. Mysak.** 1990. Experiments with a zonally averaged atmosphere-ocean model for paleoclimatic studies. Centre for Climate and Global Change Research Report, Dept. of Meteorology, McGill Univ., Montreal, 90-4:25 p.
- Strain, P.M. (Rédacteur).** 1990. Océanographie chimique dans le Golfe du Saint-Laurent. *Bull. Sci. Halieut. Aquat.* 220:206 p.
- Subba Rao, D.V., A.S.W. Defreitas, M.A. Quilliam, R. Pocklington, and S.S. Bates.** 1990. Rates of production of domoic acid, a neurotoxic amino acid in the pennate marine diatom *Nitzschia pungens*. In: E. Granéli (ed.), *Proc. 4th Int. Conf. on Toxic Marine Phytoplankton*, Lund, Sweden, June 1989: 413-417.
- Taggart, C.T., K. Drinkwater, and K.T. Frank.** 1990. Larval fish, zooplankton community, and biomass in relation to physical structure at tidal fronts: a comparative approach. *EOS* 71:96 (Abstract).
- Tan, F.C., D. Cai, and D.L. Roddick.** 1990. Oxygen isotope studies on the growth rate of sea scallop, *Placochelys magellanicus* from Browns Bank, Canada. *Oceanologica et Limnologica Sinica* 21(6):550-559 (in Chinese).
- Tan, F.C., and J.M. Edmond.** 1990. Carbon isotope geochemistry of the Orinoco Basin, *SEDIMENTS* 1990, 10th Int. Sedimentological Cong., Nottingham, U.K., Aug. 26-31, Abstracts of Papers:539 (Abstract).
- Tang, C.L., and M. Ikeda.** 1990. Ice edge upwelling off the Newfoundland Coast during LIMEX. *Atmosphere-Ocean* 27(4):658-681.
- Tang, Y., and K.-T. Tee.** 1990. Effects of the mean and tidal current interaction on the tidally induced residual current on the sides of Georges Bank. In: H. Wang, J. Wang, and H. Dai (eds.), *Physics of Shallow Seas*. China Ocean Press, Beijing:21-40.
- Tee, K.-T.** 1990. Meteorologically-induced subtidal salinity and velocity variations in the St. Lawrence Estuary. In: M.I. El-Sabh and N. Silverberg (eds.), *Oceanography of a Large-Scale Estuarine System - The St. Lawrence*. Lecture Notes on Coastal & Estuarine Studies 39. Springer-Verlag, New York:51-70.
- Tee, K.-T.** 1990. Modelling of low-frequency salinity variations in the St. Lawrence Estuary. 5th Int. Biennial Conf. in Physics of Estuaries and Coastal Seas, Gregynog, Wales (Abstract).
- Tee, K.-T., and D. Lefavre.** 1990. Three-dimensional modelling of the tidally induced residual circulation off Southwest Nova Scotia. In: R.T. Cheng (ed.), *Residual Currents and Long-Term Transport*, Lecture Notes on Coastal and Estuarine Studies 38. Springer-Verlag, New York:79-92.
- Thiebaut, M.L., Seakem Oceanography Limited.** 1990. Wind tunnel experiment to determine correction functions for shipboard anemometers. *Can. Contract. Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* N° 36:iv+57 p.
- Topliss, B.J., C.L. Amos, and P.R. Hill.** 1990. Algorithms for remote sensing of high concentration, inorganic suspended sediment. *Internat. J. Remote Sensing* 11(6):947-966.
- Topliss, B.J., L. Payzant, C.S. Mason, H. Edel, K.L. March, I.G. Holden, M. Thiebaut, and F. Guptill.** 1990. Satellite derived daily sea surface temperature maps for areas "A" to "D": from 1984 to 1986. A: Gulf of Maine and Mid Atlantic Bight to D: Gulf Stream Extension/Recirculation. *Can. Data Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* N° 85:vi+138 p.
- Topliss, B.J., L. Payzant, C.S. Mason, H. Edel, K.L. March, I.G. Holden, M. Thiebaut, and F. Guptill.** 1990. Satellite derived daily sea surface temperature maps for areas "E" to "G": from 1984 to 1986. E: Gulf of St. Lawrence to G: North Atlantic Current. *Can. Data Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* N° 86:vi+112 p.
- Topliss, B.J., L. Payzant, C.S. Mason, H. Edel, K.L. March, I.G. Holden, M. Thiebaut, and F. Guptill.** 1990. Satellite derived daily sea surface temperature maps for areas "H" to "J": from 1984 to 1986. H: Hudson Strait and Ungava Bay to J: Irminger Sea. *Can. Data Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* N° 87:vi+112 p.
- Topliss, B.J., L. Payzant, C.S. Mason, H. Edel, K.L. March, I.G. Holden, M. Thiebaut, and F. Guptill.** 1990. Satellite derived daily sea surface temperature maps for areas "K" to "N": from 1984 to 1986. K: Southern Baffin Bay and Davis Strait to N: Northern Hudson Bay and Foxe Basin. *Can. Data Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* N° 88:vi+138 p.
- Topliss, B.J., L. Payzant, C.S. Mason, H. Edel, K.L. March, I.G. Holden, M. Thiebaut, and F. Guptill.** 1990. Satellite derived daily sea surface temperature maps for areas "O" to "P": from 1984 to 1986. O: Overview data; East Coast of Canada Satellite Pass and P: Western North Atlantic; Gulf of Maine to Hudson Strait. *Can. Data Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* N° 89:vi+121 p.
- Trites, R.W., and K.F. Drinkwater.** 1990. Overview of environmental conditions in the northwest Atlantic in 1988. *NAFO Council Studies* 14:7-20.
- Uthe, J.F.** 1990. Managing the ocean's resources. *Inorganic Contaminant and Steroid Hormone Analytical Group. Chemistry in Canada*, May:14-15.
- Uthe, J.F. (Chairman).** 1990. Report of the Working Group on the Statistical Aspects of Trend Monitoring. ICES Statutory Meeting, C.M. 1990/POLL 6:21 p.+Annexes.
- Uthe, J.F.** 1990. Studies on mitigation of the effects of acidic precipitation on adult Atlantic Salmon (*Salmo salar*) - introduction. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47:2420-2421.
- Uthe, J.F.** 1990. Toxic contamination: protection of marine biota resources of the Gulf of Maine with particular emphasis on fisheries: a personal overview. In: V. Konrad, S. Ballard, R. Erb, and A. Morin (eds.), *Gulf of Maine: Preserving Our Common Heritage Conf. Proc. Gulf of Maine State Planning Office, Augusta, ME*:47-68.
- Vandermeulen, J.H.** 1990. Time and dose response of aryl hydrocarbon hydroxylase in fingerling trout (*Salvelinus fontinalis*) under small experimental oilspills. *Comp. Biochem. Physiol.* 95C(2):169-175.
- Vandermeulen, J.H., and S. Walker (eds.).** 1990. *Ocean Technology, Development, Training and Transfer*. Pergamon Press, Oxford, U.K.:522 p.
- Whitehouse, B.G., P.A. Yeats, and P.M. Strain.** 1990. Cross-flow filtration of colloids from aquatic environments. *Limnol. Oceanogr.* 35:1368-1375.
- Wildish, D.J., V. Zitko, H.M. Akagi, and A.J. Wilson.** 1990. Sedimentary anoxia caused by salmonid mariculture wastes in the Bay of Fundy and its effects on dissolved oxygen in seawater. In: R.L. Saunders (ed.), *Proc. Canada-Norway Finfish Aquaculture Workshop*, Sept. 11-14, 1989. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1761:11-18.
- Windsor, W.D., G.B. Crocker, R.K. MacKenna, and C.L. Tang.** 1990. Sea ice observations during LIMEX, March-April 1989. *Can. Data Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* N° 81:iv+43 p.
- Wright, D.G., and J.F. Middleton.** 1990. Coastally trapped waves in a stratified ocean. *Applied Mathematics Preprint/U.N.S.W.*
- Wright, D.G., T.F. Stocker, and L.A. Mysak.** 1990. A note on quaternary climate modeling using Boolean delay equations. *Climate Dynamics* 4:263-267.
- Wright, D.G., and T.F. Stocker.** 1990. A zonally averaged ocean model for the thermohaline circulation. Part I: Model development and flow dynamics. Part II: Inter-ocean circulation in the Pacific-Atlantic basin system. Centre for Climate and Global Change Research Report, Dept. of Meteorology, McGill Univ., Montreal, 90-13:88 p.
- Yao, T., and M. Ikeda.** 1990. A model of sea ice and the upper ocean mixed layer off Labrador. *J. Geophys. Res.* 95:11603-11612.
- Yeats, P.A.** 1990. Reactivity and transport of nutrients and metals in the St. Lawrence Estuary. In: M.I. El-Sabh and N. Silverberg (eds.), *Oceanography of a Large-Scale Estuarine System - the St. Lawrence*. Springer-Verlag, New York:155-169.
- Yeats, P. and P.M. Strain.** 1990. The oxidation of manganese in seawater: rate constants based on field data. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 31:11-24.

- Yeats, P.A.** and L. Bruegmann. 1990. Collection of suspended particulate matter for gravimetric and trace metal analysis. ICES Techniques in Marine Environmental Sciences 7:9 p.
- Zitko, V.** 1990. "Butterflies" for pattern recognition. Access, Jan/Feb 4-6:8.
- Zitko, V.** 1990. Priority ranking of chemicals for risk assessment. Sci. Total Environ. 92:29-39.
- 1991**
- Addison, R.F., P.-D. Hansen, H.-J. Pluta, and D.E. Willis.** 1991. Effects of ugilec-141<sup>(R)</sup>, a PCB substitute based on tetrachlorobenzyl-toluenes, on mono-oxygenase induction in estuarine fish. Mar. Env. Res. 31:137-144.
- Addison, R.F., P.-D. Hansen, and E.C. Wright.** 1991. Hepatic mono-oxygenase activities in American Plaice (*Hippoglossoides platessoides*) from the Miramichi Estuary, N.B. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1800:18 p.
- Amos, C.L., K.T. Tee, and B.A. Zaitlin.** 1991. The post-glacial evolution of Chignecto Bay, Bay of Fundy, and its modern environment of deposition. In: D.G. Smith, G.E. Reinson, B.A. Zaitlin, and R.A. Rahmani (eds.), Clastic Tidal Sedimentology, Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir 16:59-90.
- Anderson, C.A., C. Tang, and P.C. Smith.** 1991. Canadian Atlantic Storms Program II: Experimental Design and Operations Plan: 58 p. (unpub. report).
- Anderson, L.G., and E.P. Jones.** 1991. The transport of CO<sub>2</sub> into Arctic and Antarctic seas: similarities and differences in the driving processes. J. Mar. Syst. 2:81-95.
- Anderson, R.J., and S.D. Smith.** 1991. Wind stress on the sea surface during HEXMAX. In: Preprint Vo., 5th Conf. on Meteorology and Oceanography of the Coastal Zone, Amer. Meteorol. Soc., Boston, MA:147-150.
- Bates, S.S., A.S.W. De Freitas, J.E. Milley, R. Pocklington, M.A. Quilliam, J.C. Smith, and J. Worms.** 1991. Controls on domoic acid production by the diatom *Nitzschia pungens* F. *Multiseries* in culture: nutrients and irradiance. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48:1136-1144.
- Bewers, J.M., and G.E.B. Kullenburg.** 1991. Marine environmental pollution: a perspective of uncertainties and research requirements. World Meteorol. Org. Bull. 40:107-114.
- Burridge, L.E., K. Haya, and V. Zitko.** 1991. An assessment and perception of the hazards of pesticide use in the aquatic environment. Internat. J. Environ. Pollut. 1(1/2):51-54.
- Cahill, M.L., and K. Drinkwater.** 1991. Warm eddies and cross-shelf exchange. In: AGU 1992 Ocean Sciences Meeting, Jan. 27-31, 1992, New Orleans, #051C-13. EOS, Trans., Amer. Geophys. Union 72(51), Dec. 17:87 (Abstract).
- Calmet, D.P., and J.M. Bewers.** 1991. Radioactive waste and ocean dumping. The role of the IAEA. Mar. Pollut., Nov.:413-430.
- Chou, C.L., R.D. Guy, and J.F. Uthe.** 1991. Isolation and characterization of metal-binding proteins (metallothioneins) from lobster digestive gland (*Homarus americanus*). Sci. Total Environ. 105:41-59.
- Chou, C.L., R.D. Guy, and J.F. Uthe.** 1991. The reactivity of EDTA, copper ion, and copper citrate with metallothioneins isolated from the digestive gland of cadmium-contaminated lobster (*Homarus americanus*). Sci. Total Environ. 105:61-71.
- Chou, C.L., and J.F. Uthe.** 1991. Cadmium in American Lobster (*Homarus americanus*) from the area of Belledune Harbour, New Brunswick, Canada – 1990 Results. Report to National Health and Welfare of Canada:6 p.
- Chou, C.L., and J.F. Uthe.** 1991. The determination of free and bound metal ions in lobster digestive gland (*Homarus americanus*) by gel chromatography-atomic absorption spectrophotometry and polarography. Presented at the 105th AOAC Annual Int. Meeting and Exposition (Abstract/Poster).
- Chou, C.L., and J.F. Uthe.** 1991. Effect of starvation on trace metals levels in Blue Mussels (*Mytilus edulis*). Bull. Environ. Contam. Toxicol. 46:473-478.
- Chubb, S.R., G.R. Valenzuela, and D.A. Greenberg.** 1991. Radar surface signatures based on the two-dimensional tidal circulation of Phelps Bank, Nantucket Shoals, MA. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 29:129.
- Cochrane, N.A., and D. Sameoto.** 1991. Corrected euphausiid abundance from hydroacoustics: Comments on Cochrane *et al.* (1991). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48(10): 2034-2035.
- Cochrane, N.A., and D. Sameoto.** 1991. Research in hydroacoustics. In: T.E. Smith (ed.), Science Review 1988 & '89. Dept. of Fisheries and Oceans, Dartmouth, N.S.: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(3): 340-355.
- Dobson, F., and B. Toulany.** 1991. On the wind-wave coupling problem. In: R. Beal (ed.), Directional Ocean Wave Spectra. Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore, MD:22-29.
- Drinkwater, K.F.** 1991. Temperature and current measurements in St. Georges Bay, Nova Scotia, during 1979 and 1980. Can. Data Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 98:iv+44 p.
- Drinkwater, K.F., G.C. Harding, W.P. Vass, and D. Gauthier.** 1991. The relationship of Quebec lobster landings to freshwater runoff and wind storms. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 113:179-187.
- Drinkwater, K.F., J.W. Loder, and G.C. Harding.** 1991. Investigations of convergence at the Georges Bank tidal front using drifting buoys. In: Papers for Annual Meeting of the American Society of Limnology and Oceanography, June, Halifax, N.S.:25 (Abstract).
- Drinkwater, K.F., J.W. Loder, E.P.W. Horne, N.S. Oakey, D. Brickman, R.I. Perry, G.C. Harding, W.G. Harrison, M.J. Tremblay, C.T. Taggart, and M. Sinclair.** 1991. The Georges Bank Frontal Study. ICES Doc. C.M. 1991/C:40 (Abstract).
- Drinkwater, K.F., G.B. Taylor, and W.B. Petrie.** 1991. Temperature, salinity and density data from the Hudson Strait region during August–September, 1982. Can. Data Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 99:iv+41 p.
- Drinkwater, K.F., and R.W. Trites.** 1991. Overview of environmental conditions in the northwest Atlantic in 1990. NAFO Doc. 91/87:27 p.
- Drinkwater, K.F., and R.W. Trites.** 1991. Overview of environmental conditions in the northwest Atlantic in 1989. NAFO Scientific Council Studies 15:7-18.
- Fissel, D.B., and D.D. Lemon.** 1991. Analysis of physical oceanographic data from the Labrador Shelf, Summer 1980. Can. Contract Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 39:xviii+136 p.
- Fissel, D.B., and C.L. Tang.** 1991. Response of sea-ice drift to wind forcing on the northeastern Newfoundland Shelf. J. Geophys. Res. 96:18397-18409.
- Gregory, D.N., E. Verge, and P. Langille.** 1991. Long-term temperature monitoring program 1990: Scotia-Fundy and the Gulf of St. Lawrence. Can. Data Rep. Hydrogr. Ocean Sci. N° 93:vi+197 p.
- Harding, G.C., J.D. Pringle, K.F. Drinkwater, A.J. Fraser, R.I. Perry, and W.P. Vass.** 1991. Offshore studies of larval lobsters (*Homarus americanus*) in the Georges and Browns Banks region. National Shellfish Assoc. Meeting (Abstract).
- Haya, K.** 1991. Rapporteur Report. Discussion Group I – Laboratory Studies. In: Gordon, D.C. (ed.), Proc. 2nd Canadian Workshop on Harmful Marine Algae, Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, N.S., Oct. 2-4, 1990. Can. Tech. Rept. Fish. Aquat. Sci. 1799:30-33.
- Haya, K., J.L. Martin, L.E. Burridge, B.A. Waiwood, and D.J. Wildish.** 1991. Domoic acid in shellfish and plankton from the Bay of Fundy, N.B., Canada. Can. J. Shellf. Res. 10:113-118.
- Herman, A.W., D.D. Sameoto, C. Shunnian, M.R. Mitchell, B. Petrie, and N. Cochrane.** 1991. Sources of zooplankton on the Nova Scotia Shelf and their aggregations within deep-shelf basins. Cont. Shelf Res. 11(3): 211-238.
- Ikeda, M.** 1991. Mesoscale eddy formation and evolution in the ice-covered ocean. Ann. Glaciol.:15.
- Ikeda, M.** 1991. Numerical modelling of ocean circulation and ice cover over the Continental Shelf. J. Phys. Oceanogr. 21: 97-117.
- Ikeda, M.** 1991. Wind-induced mesoscale features in a coupled ice-ocean system. J. Geophys. Res., 96, 4623-4629.
- Ikeda, M., C.E. Livingstone, and I. Peterson.** 1991. A mesoscale ocean feature study in the Labrador Ice Margin Experiment: 1989. J. Geophys. Res. 96:10593-10602.

- Jones, E.P., L.G. Anderson, and D.W.R. Wallace.** 1991. Tracers of near-surface, halocline, and deep waters in the Arctic Ocean: implications for circulation. *J. Mar. Syst.* 2:241-255.
- Kineke, G.C., R.W. Sternberg, D.A. Cacchione, K. Kranck, and D.E. Drake.** 1991. Distribution and characteristics of suspended sediment on the Amazon Shelf. *Oceanography*, Apr.:21-26.
- Kranck, K.** 1991. Interparticle grain size relationships resulting from flocculation. In: R.H. Bennett (ed.), *Microstructure of Fine-Grained Terrigenous Marine Sediments, from Mud to Shale*. *Frontiers in Sedimentary Geology Series*. Springer-Verlag, New York:125-130.
- Kranck, K., and T.G. Milligan.** 1991. Grain size in oceanography. In: J.P.M. Syvitski (ed.), *Principles, Methods, and Application of Particle Size Analysis*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, U.K.:332-346.
- Lacroix, G.L., W.D. Watt, and J.F. Uthe.** 1991. Impact of acid rain on habitat. In: T.E. Smith (ed.), *Science Review 1988 & '89*. Dept. of Fisheries and Oceans, Dartmouth, N.S.:52-54.
- Landing, W.M., P.A. Yeats, and C. Sabine.** 1991. Sample manipulations and speciation. In: D. Spencer and D. Hurd (eds.), *Marine Particles: Analysis and Characterization*. AGU Geophysical Monograph 63:23-32.
- Lazier, J.R.** 1991. Does the Gulf Stream split east of Newfoundland determine the water characteristics in the North Atlantic Current? In: AGU 1992 Ocean Sciences Meeting, Jan. 27-31, 1992, New Orleans, #021B-8. EOS, Trans., Amer. Geophys. Union 72(51), Dec. 17:32 (Abstract).
- Lazier, J.R.N., and R.M. Gershey.** 1991. AR7W: Labrador Sea Line – July 1990. *WOCE Newsletter* N° 11, Sept.
- Lebans, G.A., R.A. Clarke, and P.L. Stewart.** 1991. Icetow: towing instruments in ice-covered seas. *Sea Technology*:35-41.
- Loder, J.W.** 1991. Summertime bottom temperatures on the Southeast Shoal of the Grand Bank, and implications for exchange rates. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48(7): 1316-1325.
- Loder, J.W., and J.M. Hamilton.** 1991. Degradation of some mechanical current meter measurements by high-frequency mooring or wave motion. *IEEE J. Ocean. Eng.* 16(4):343-349.
- Loder, J.W., and E.P.W. Horne.** 1991. Shew eddy fluxes as signatures of non-linear tidal current interactions, with application to Georges Bank. *Atmos.-Ocean* 29(3):517-546.
- Loder, J.W., and R.G. Pettipas.** 1991. Moored current and hydrographic measurements from the Georges Bank Frontal Study, 1988-89. *Can. Data Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* N° 94:iv+139 p.
- Loder, J.W., C.K. Ross, and P.C. Smith.** 1991. The physical oceanographic environment on Atlantic Canadian fishing banks. In: T.E. Smith (ed.), *Science Review 1988 & '89*. Dept. of Fisheries and Oceans, Dartmouth, N.S.:11-15.
- Loring, D.H.** 1991. Geochemical analysis of sediment cores from Pictou Harbour, N.S. EPS Report:15 p.
- Loring, D.H.** 1991. Normalization of heavy metal data from estuarine and coastal sediments. *ICES J. Mar. Sci.* 48:101-115.
- MacKenzie, F.T., J.M. Bewers, R.J. Charlson, E.E. Hofmann, G.A. Knauer, J.C. Kraft, E.-M. Nothig, B. Quack, J.J. Walsh, M. Whitfield, and R. Wollast.** 1991. What is the importance of ocean margin processes in global change? In: R.F.C. Mantoura, J.-M. Martin and R. Wollast (eds.), *Ocean Margin Processes in Global Change*. Physical, Chemical and Earth Sciences Research Rep. 9. John Wiley, Chichester, U.K.:433-454.
- Mann, K.H., and J.R.N. Lazier.** 1991. Dynamics of Marine Ecosystems. Blackwell Scientific Publications:466 p.
- Martin, J.L., K. Haya, L.E. Burrige, D.J. Wildish.** 1991. *Nitzschia pseudodelicatissima* – a source of domoic acid in the Bay of Fundy, Eastern Canada. In: D.C. Gordon (ed.), *Proc. 2nd Canadian Workshop on Harmful Marine Algae*, Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, N.S., Oct. 2-4, 1990. *Can. Tech. Rept. Fish. Aquat. Sci.* 1799:14 (Abstract).
- Martin, J.L., K. Haya, and D.J. Wildish.** 1991. Distribution and domoic acid content of *Nitzschia pseudodelicatissima* in the Bay of Fundy. In: *Proc. 5th Int. Conf. on Toxic Marine Phytoplankton*, Newport, RI, Oct. 28–Nov. 1 (Abstract).
- McKeown, D.L.** 1991. Determining the scientific applications of a large ROV. *Intervention/ROV '91 Conf. and Exposition* May 21-23, Hollywood, FL:14-18.
- Middleton, J.F., and D.G. Wright.** 1991. Coastally trapped waves on the Labrador Shelf. *J. Geophys. Res.* 96:2599-2617.
- Milligan, T., and K. Kranck.** 1991. Electro-resistance particle size analyzers. In: J.P.M. Syvitski (ed.), *Principles, Methods, and Application of Particle Size Analysis*. Cambridge Univ. Press, U.K.:109-118.
- Misra, R.K., and J.F. Uthe.** 1991. Optimal handling of temporal trend data characterized by significant inconsistency in regression coefficients and variances. *ICES-WGSTAM 1991/Poll*:2:19-21.
- Misra, R.K., N. Watson, J.F. Uthe, and I. Davies.** 1991. A multivariate method of analyzing relative abundance data, employing the weighted mean proportions. In: *Proc. 5th Annual Dept. of Fisheries and Oceans LRTAP Workshop*:192-201.
- Mitchell, M.R.** 1991. The influence of local wind forcing on the low-frequency variations of chlorophyll *a* in a small marine basin. *Cont. Shelf Res.* 11(1):53-66.
- Muir, D.C.G., C.A. Ford, R.E.A. Stewart, T.G. Smith, R.F. Addison, M.E. Zinck, and P. Beland.** 1991. Organochlorine contaminants in belugas (*Delphinapterus leucas*) from Canadian waters. *Bull. Can. Fish. Aquat. Sci.* 224:165-190.
- Oost, W.A., C.W. Fairall, J.B. Edson, S.D. Smith, R.J. Anderson, J.A.B. Wills, K. Katsaros, and J. Decosmo.** 1991. Flow distortion calculations and their application in HEXMAX. In: *Preprint Vol., 5th Conf. on Meteorology and Oceanography of the Coastal Zone*, Amer. Meteorol. Soc., Boston, MA:156-161.
- Page, F.H., K.T. Tee, P.C. Smith, and R.L. Stephenson.** 1991. A 3-D Lagrangian particle tracking model for the southwest Nova Scotia region: description and application to the dispersal of larval herring. ASLO Meeting, Halifax, N.S.
- Perrie, W.** 1991. The third-generation WAM models for wind-generated ocean waves. In: *Scaling, Fractals and Nonlinear Variability in Geophysics 1*. Reidel Inc.:257-259.
- Perrie, W., and M. Rahman.** 1991. Coupling of gravity waves to surface currents and ice motion. *Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* N° 134:iv+69 p.
- Perrie, W., and M. Rahman.** 1991. Scattering of ocean waves by arrays of cylinders with rotational symmetry. *J. Ocean. Eng.* 18(4):253-267.
- Perrie, W., and B. Toulany.** 1991. Directional spectra from the BIO hindcast: the wave-ice interaction. In: R. Beal (ed.), *Directional Ocean Wave Spectra: Measuring Modelling, Predicting and Applying*. Johns Hopkins Univ. Press:173-176.
- Perry, R.I., G.C. Harding, J.W. Loder, K.F. Drinkwater, and M.J. Tremblay.** 1991. The role of tidal currents in the retention of plankton on Georges Bank. In: *Abstracts of Papers for the 1991 Annual Meeting of the American Society of Limnology and Oceanography*, Halifax, N.S., June:72 (Abstract).
- Peterson, I., S.D. Smith, S. Prinsenber, and R.H. Orton.** 1991. Remote monitoring of thermal structure and growth shore – fast ice off the Labrador Coast. *Cold Regions Sci. Technol.* 19:123-130.
- Peterson, I.K., and S.I. Prinsenber.** 1991. Ice drift off Southern Labrador during LIMEX '89. *Can. Met. and Ocean. Soc., Winnipeg, Man.* (Abstract).
- Petrie, B.** 1991. Current meter and tide gauge observations from Avalon Channel 1980-1981. *Can. Data Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* N° 102:v+89 p.
- Petrie, B., K. Drinkwater, and R. Pettipas.** 1991. Long-term temperature and salinity variability on the Scotian Shelf and in the Gulf of Maine. *Proc. Nova Scotia Climate Advisory Committee Workshop*, Nov.:34 p.
- Petrie, B., K. Drinkwater, and R. Pettipas.** 1991. Temperature and salinity variability at decadal time scales on the Scotian Shelf and in the Gulf of Maine: some initial results. *NAFO Doc.* 91/86:22 p.
- Petrie, B., J.W. Loder, S. Akenhead, and J.R. Lazier.** 1991. Temperature and salinity variability on the Eastern Newfoundland Shelf: the annual harmonic. *Atmosphere-Ocean* 29(1):14-36.

- Pocklington, R., J.D. Leonard, N.F. Crewe.** 1991. Sources of organic matter to surficial sediments from the Scotian Shelf and Slope, Canada. *Cont. Shelf Res.* 11:1069-1082.
- Prinsenber, S.J.** 1991. Effects of hydroelectric projects on Hudson Bay's marine and ice environments. In: James Bay Publication Series, Potential Environmental Impacts Series, Paper N° 2, Dec:1-8.
- Prinsenber, S.J.** 1991. Electromagnetic ice sounding of Beaufort Sea ice. *Ice Community Newsletter*, Sept.:2.
- Prinsenber, S.J.** 1991. NS/FS '91: Newfoundland Sea Ice Flux Study of 1991. *Ice Community Newsletter*, Sept.:5.
- Prinsenber, S.J.** 1991. Snow effects on ice growth along the Canadian East and Arctic coasts. *Can. Met. and Ocean. Soc.*, Winnipeg, Man. (Abstract).
- Prinsenber, S.J.** 1991. Verification of remotely sensed ice thickness data. *Proc. 2nd WMO Operational Ice Remote Sensing Workshop*, 10-13 Sept., Ottawa:17 p.
- Prinsenber, S.J., and R.G. Ingram.** 1991. Under-ice physical oceanographic processes. *J. Mar. Syst.* 2:143-152.
- Prinsenber, S.J., I.K. Peterson, and G.A. Fowler.** 1991. Estimates of ice-edge melt rates off Labrador and Eastern Newfoundland, Canada. *Ann. Glaciol.* 15:257-263.
- R.H. Loucks Oceanology Limited, Discovery Consultants Limited, and B. Petrie.** 1991. Analyzing for climatological information in the Long Term Temperature Monitoring Program Sea Temperature Time Series. *Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* N° 132: viii+209 p.
- Ratray, M. Jr., D.A. Brooks, G.L. Flierl, D.S. Gorsline, D.A. Greenberg, J.W. Loder, J. Niebauer, and M.L. Spaulding.** 1991. Chapter 2, Physical oceanography. In: *The Adequacy of Environment Information for Outer Continental Shelf Oil and Gas Decisions: Georges Bank, Committee to Review the Outer Continental Shelf Environmental Studies Program*, National Research Council. National Academy Press, Washington, DC.
- Resio, D., and W. Perrie.** 1991. A numerical study of nonlinear energy fluxes due to wave-wave interactions in a wave spectrum. Part I: Methodology and Basic Results. *J. Fluid Mech.* 223:603-629.
- Ross, C.K.** 1991. Currents, temperature and salinity data from northern Baffin Bay, October 1985–August 1986. *Can. Data Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* N° 95:vii+161 p.
- Sandstrom, H.** 1991. The origin of internal tides (a revisit). In: B.B. Parker (ed.), *Tidal Hydrodynamics*. John Wiley & Sons:437-447.
- Scarratt, D.J., M.W. Gilgan, R. Pocklington, and J.D. Castall.** 1991. Detoxification of bivalve molluscs naturally contaminated with domoic acid. In: W.S. Otwell, G.E. Rodrick and R.E. Martin (eds.), *Proc. 1st Int. Molluscan Shellfish Depuration Conf.*, Nov. 1989, Orlando, FL. CRC Press, Boca Raton, FL:239-245.
- Schafer, C.T., E.S. Collins, and J.N. Smith.** 1991. Relationship of foraminifera and thecamoebian distributions to sediments contaminated by pulp mill effluent: Saguenay Fjord, Quebec, Canada. *Micropaleontology* 17:255-283.
- Smith, J.N., R. Nelson, and S.E. Campana.** 1991. The use of Pb-210/Ra-226 and Th-228/Ra-228 dis-equilibria in the ageing of otoliths of marine fish. In: P.J. Kershaw and D.S. Woodhead (eds.), *Radionuclides in the Study of Marine Processes*. Elsevier Science, London:350-359.
- Smith, P.C., and J.W. Loder.** 1991. Physical oceanography of the Northwest Atlantic Continental Margin. In: *Proc. GLOBEC Canada/U.S. Meeting on the NW Atlantic Fisheries and Climate*. Global Ocean Ecosystems Dynamics Rep. N° 2. JOI Inc., Washington, DC:52-56.
- Smith, P.C., B.D. Petrie, and H. Sandstrom.** 1991. A Scotian Shelf, oceanographic wall chart. Dept. of Fisheries and Oceans, Dartmouth, N.S.
- Smith, P.C., and F.B. Schwing.** 1991. Mean circulation and variability on the Eastern Canadian Continental Shelf. *Cont. Shelf Res.* 11(8-10):977-1012.
- Smith, S.D.** 1991. (ed.) *HEXOS Newsl.* 13, Oct. Bedford Institute of Oceanography:9 p.
- Smith, S.D.** 1991. Humidity Exchange Over the Sea: the HEXOS program. In: T.E. Smith (ed.), *Science Review 1988 & '89*. Dept. of Fisheries and Oceans, Dartmouth, N.S.:16-19.
- Smith, S.D.** 1991. Some early results of the Humidity Exchange over the Sea main experiment. In: P.C. Chu and J.C. Gascard (eds.), *Proc. Workshop on Deep Convection and Deep Water Formation in the Oceans*. Elsevier, Amsterdam:377-382.
- Smith, S.D., R.J. Anderson, E.P. Jones, R.L. Desjardins, R.M. Moore, O. Hertzman, and B.D. Johnson.** 1991. A new measurement of CO<sub>2</sub> eddy flux in the nearshore atmospheric surface layer. *J. Geophys. Res.* 96(C5): 8881-8887.
- Smith, S.D., R.J. Anderson, W.A. Oost, C. Kraan, N. Maat, J. Decosmo, K.B. Katsaros, K. Bumke, L. Hasse, K.L. Davidson, and H.M. Chadwick.** 1991. Sea surface wind stress and drag coefficients: the HEXOS results. IUGG Assembly, Vienna, Aug. (Poster).
- Stephenson, R.L., P.C. Smith, K.T. Tee, and F.H. Page.** 1991. Persistence of herring larvae off southwest Nova Scotia: a result of physical/biological interactions. ASLO Meeting, Halifax, N.S.
- Stocker, T.F., and D.G. Wright.** 1991. Rapid transitions of the ocean's deep circulation induced by changes in surface water fluxes. *Nature* 351:729-732.
- Stocker, T.F., and D.G. Wright.** 1991. A zonally averaged, coupled ocean-atmosphere model for paleoclimatic studies. Centre for Climate and Global Change Research Report, Dept. of Meteorology, McGill Univ., Montreal, 91-16:48 p.
- Stocker, T.F., and D.G. Wright.** 1991. A zonally averaged ocean model for the thermohaline circulation. Part II: Inter-ocean circulation in the Pacific-Atlantic basin system. *J. Phys. Ocean.* 21:1725-1739.
- Sundby, B., and J.M. Bowers.** 1991. Brief overview of the chemical oceanography of the Gulf of St. Lawrence. In: J.-C. Theriault (ed.), *Gulf of St. Lawrence: Small Ocean or Big Estuary?* Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 113:91-98.
- Tan, F.C.** 1991. Coastal/shelf processes and their importance to the global carbon cycle. DFO Internal Document.
- Tan, F.C., D.L. Cai, and J.M. Edmond.** 1991. Carbon isotope geochemistry of the Changjiang Estuary. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 32:395-403.
- Tang, C.L.** 1991. A two-dimensional thermodynamic model for sea ice advance and retreat in the Newfoundland marginal ice zone. *J. Geophys. Res.* 96(C3):4723-4737.
- Tang, C.L.** 1991. Physical processes in marginal ice zones. Lecture Note for a Dalhousie Univ. Course.
- Tang, C.L.** 1991. Small-scale thermohaline structure in the boundary regions of the Labrador Pack Ice. 20th General Assembly of IUGG (Abstract).
- Tang, C.L., D.J. Belliveau, J.-G. Dessureault, and T.-Y.D. Tang.** 1991. Determination of vertical current structure on the Newfoundland Shelf using data from a bottom mounted acoustic current profiler. 20th General Assembly of IUGG (Abstract).
- Tang, C.L., and D.B. Fissel.** 1991. A simple ice ocean coupled model for ice drift in marginal ice zones. *J. Mar. Syst.* 2:465-475.
- Tee, K.T., and C.L. Amos.** 1991. Tidal and buoyancy driven currents in Chignecto Bay, Bay of Fundy. *J. Geophys. Res.* 96(C8): 15197-15216.
- Tee, K.T., P.C. Smith, and D. Lefavre.** 1991. Topographic upwelling in coastal waters. XXVth Annual CMOS Cong., Winnipeg.
- Telang, S.A., R. Pocklington, A.S. Naidu, E.A. Romankevich, I.I. Gitelson, and M.I. Gladyshev.** 1991. Carbon and mineral transport in major North American, Russian Arctic and Siberian Rivers: the St. Lawrence, the Mackenzie, the Yukon, the Arctic Alaskan Rivers, the Arctic Basin Rivers in the Soviet Union and the Yenisei. In: E.T. Degens, S. Kempe and J.E. Richey (eds.), *Biogeochemistry of Major World Rivers*, Vol. Scope 42. John Wiley & Sons:75-104.
- Topliss, B.J., L.A. Payzant, P.C.F. Hurley, J.R. Miller, and J. Freemantle.** 1991. Interpretation of multi-season, multi-year colour imagery for a Continental Shelf Region. *Oceanologia Acta* 14(b):533-547.
- Trites, R.W., and K.F. Drinkwater.** 1991. The possible role of the surface circulation in the spread of PSP in the western Gulf of St. Lawrence in 1988. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 113:153-160.
- Utthe, J.F.** 1991. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the environment. *Can. Chem.*

News 47:25-27.

**Uthe, J.F., C.L. Chou, and D.P. Scott.** 1991. Management of the cadmium-contaminated lobster fishery of Belledune Harbour. Lobster Newsletter 3 (4):5.

**Uthe, J.F., and R.K. Misra.** 1991. Statistical constraints of status and trends analysis of environmental quality data: trends in contaminant levels in fish. In: P. Chapman, F. Bishay, E. Power, K. Hall, L. Harding, D. McLeay, M. Nassichuk, and W. Knapp (eds.), Proc. 17th Ann. Aquatic Toxicity Workshop, Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1774:810-819.

**Weller, R.A., D.L. Rudnick, C.C. Eriksen, K.L. Polzin, N.S. Oakey, J.W. Toole, R.W. Schmitt, and R.T. Pollard.** 1991. Forced ocean response during the Frontal Air-Sea Interaction Experiment (FASINEX). *J. Geophys. Res.*:8611-8638.

**Welsh, E.B., N.G. Hogg, and R.M. Hendry.** 1991. The relationship of low frequency deep variability near the HEBBLE site to Gulf Stream fluctuations. *Mar. Geol.* 99:303-317.

**Willis, D.E., A.J. Edwards, and R.F. Addison.** 1991. The effects of environmental pH on the hepatic mixed function oxidases in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48:445-447.

**Windom, H., J. Byrd, R. Smith, M. Hungspreugs, S. Dharmvanij, W. Thumtrakul, and P. Yeats.** 1991. Trace metal-nutrient relationships in estuaries. *Mar. Chem.* 32:177-194.

**Wright, D.G., D.A. Greenberg, and J.F. Middleton.** 1991. Statistical estimates and dynamical interpretations of bottom pressure variations over the Labrador/Newfoundland Shelf. *Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* N° 131:v+60 p.

**Wright, D.G., J.R.N. Lazier, and M.J. Graca.** 1991. Current meter and pressure data between Hamilton Bank and OWS Bravo, July 1987-August 1988. *Can. Data Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* N° 96:vii+101 p.

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

**Yeats, P.A.** 1991. Collection and analysis of marine particles, in marine particles: analysis and characterization. In: D. Spencer and D. Hurd (eds.), AGU Geophysical Monograph 63:321-324.

**Yeats, P.A., and D.H. Loring.** 1991. Dissolved and particulate metal distributions in the St. Lawrence Estuary. *Can. J. Earth Sci.* 28:729-742.

**Yeats, P.A., and S. Westerlund.** 1991. Trace metal distributions at an Arctic Ocean ice island north of Ellesmere Island. *Mar. Chem.* 33:261-277.

**Zitko, V.** 1991. Prediction of biodegradability of organic chemicals by an artificial neural network. *Chemosphere* 23:305-312.

**Zitko, V., and M. Hanlon.** 1991. Another source of pollution by plastics: skin cleaners with plastic scrubbers. *Mar. Pollut. Bull.* 22:41-42.

## ÉNERGIE, MINES ET RESSOURCES

### CENTRE GÉOSCIENTIFIQUE DE L'ATLANTIQUE

#### 1990

**Agterberg, F.P., F.M. Gradstein, and K. Nazli.** 1990. Correlation of Jurassic Microfossil Abundance Data from Tojeira Sections, Portugal. In: Statistical Applications in the Earth Sciences, Geological Survey of Canada, Paper N° 89-09:467-482.

**Amos, C.L.** 1990. Chap. 11: Processus Sédimentaires Actuels. Dans: Géologie de la Marge Continentale de l'Est du Canada. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002, 1 Map; Hydrographic, Bathymetry (1:5,000,000):653-723.

**Amos, C.L.** 1990. Chap. 11: Modern Sedimentary Processes. In: Geology of the Continental Margin of Eastern Canada. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002, 1 Map; Hydrographic, Bathymetry (1:5,000,000):609-673.

**Anonymous.** 1990. A Study of the Occurrence of Strudel Scours in the Canadian Beaufort Sea. Geological Survey of Canada, Open File N° 02272, 1 Map; Location (1:1,000,000):134 p.

**Anonymous.** 1990. Carte des Anomalies Gravimétriques de la Marge Continentale de l'Est du Canada. Geological Survey of Canada, "A" Series Map N° 01708A, 1 Map; Geophysical, Gravity Anomaly (1:5,000,000).

**Anonymous.** 1990. Carte des Anomalies Magnétiques de la Marge Continentale de l'Est du Canada. Geological Survey of Canada, "A" Series Map N° 01709A, 1 Map; Geophysical, Magnetic Anomaly (1:5,000,000).

**Asprey, K.W., and J.P.M. Syvitski.** 1990. Computer Programs and Code Used in the Operation of the Automated Granulometric Instruments within the Atlantic Geoscience Centre Soft Sediment Laboratory. Geological Survey of Canada, Open File N° 02292:34 p.

**Avery, M.P.** 1990. Vitrinite Reflectance (RO) of Dispersed Organics from Husky Bow Valley et al. Chebucto K-90. Geological Survey of Canada, Open File N° 02214:16 p.

**Avery, M.P.** 1990. Vitrinite Reflectance (RO) of Dispersed Organics from Shell Alma F-67. Geological Survey of Canada, Open File N° 02289:18 p.

**Avery, M.P.** 1990. Vitrinite Reflectance (RO) of Dispersed Organics from Shell Petro-Canada et al., Glen Elg J-48. Geological Survey of Canada, Open File N° 02293:17 p.

**Bell, J.S., and G.R. Campbell.** 1990. Chap. 12: Ressources Pétrolières. Dans: Géologie de la Marge Continentale de l'Est du Canada. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:727-772.

**Bell, J.S., and G.R. Campbell.** 1990. Chap. 12: Petroleum Resources. In: Geology of the

Continental Margin of Eastern Canada. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:677-720.

**Bell, J.S., and R.D. Howie.** 1990. Chap. 4: Géologie du Paléozoïque. Dans: Géologie de la Marge Continentale de l'Est du Canada. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:147-173.

**Bell, J.S., and R.D. Howie.** 1990. Chap. 4: Paleozoic Geology. In: Geology of the Continental Margin of Eastern Canada. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:141-165.

**Bilodeau, G., A. de Vernal, C. Hillaire-Marcel, and H. Josenhans.** 1990. Postglacial Paleocyanography of Hudson Bay: Stratigraphic, Microfaunal, and Palynological Evidence. *Can. J. Earth Sci.* 27(7):946-963.

**Buckley, D.E.** 1990. Sedimentary Geology of the Miramichi Estuary System in Relation to Dredging and Dumping Activities: A Review. In: Review of Impacts of Channel Dredging on Biological Resources of the Miramichi System (Proc.). Acadia Centre for Estuarine Research, Oct.:1-10.

**Carter, R.W.G., J.D. Orford, D.L. Forbes, and R.B. Taylor.** 1990. Morphosedimentary Development of Drumlin-Flank Barriers with Rapidly Rising Sea Level, Story Head, Nova Scotia. *Sed. Geol.* 69:117-138.

**Cloetingh, S., F.M. Gradstein, A.C. Grant, H. Kooy, and M.A. Kaminski.** 1990. Plate Reorganization: A Cause of Rapid Late Neogene Subsidence and Sedimentation Around the North Atlantic. *J. Geol. Soc. Lond.* 147:495-506.

**Cranston, R.E., and D.E. Buckley.** 1990. Redox Reactions and Carbonate Preservation in Deep-Sea Sediments. *Mar. Geol.* 94(1/2):1-8.

**De Voogd, B., C.E. Keen, and W.A. Kay.** 1990. Fault Reactivation During Mesozoic Extension in Eastern Offshore Canada: Seismic Probing of Continents and their Margins. *Tectonophysics* 173(1-4):567-580.

**Doutsos, T., N. Kontopoulos, G. Poulimenos, D. Frydas, and D.J.W. Piper.** 1990. Geologic History of the Extensional Basin of the Gulf of Corinth (Miocene-Pleistocene), Greece: Discussion. *Geology* 18(12):1256.

**Doutsos, T., and D.J.W. Piper.** 1990. Listric Faulting, Sedimentation, and Morphological Evolution of the Quaternary Eastern Corinth Rift, Greece: First Stages of Continental Rifting. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 102(6):812-829.

**Durling, P., and F. Marillier.** 1990. Structural Trends and Basement Rock Subdivisions in the Western Gulf of St. Lawrence: Reply. *Atlantic Geol.* 26:281-284.

**Durling, P., and F. Marillier.** 1990. Basement Rock Subdivisions in the Western Gulf of St. Lawrence and their Relationship to Northern Appalachian Terranes. Programme et Résumés du Séminaire sur les Appalaches du Segment Québec-Maine-Nouveau Brunswick. Programs with Abstracts of the Quebec-Maine-New Brunswick Appalachian

- Workshop. Geological Survey of Canada, Open File N° 02235:36-39.
- Durling, P.W., and F.J.Y. Marillier.** 1990. Structural Trends and Basement Rock Subdivisions in the Western Gulf of St. Lawrence, Northern Appalachians. *Atlantic Geol.* 26(1):79-95.
- Edwards, A.** 1990. Seismic Reprocessing Results for Shell Canada Line M-105 Montagnais Structure Offshore Nova Scotia. Geological Survey of Canada, Open File N° 02113:8 p.
- Fader, G.B., G.D.M. Cameron, and M.A.** Best. 1990. Géologie de la Marge Continentale de l'Est du Canada. Geological Survey of Canada, "A" Series Map N° 01705A 1 Map; Geological, Structural (1:5,000,000).
- Fader, G.B.J., and R.O. Miller.** 1990. Cruise Report *Navicula* 1990-010, Halifax Harbour May 22-June 8. Geological Survey of Canada, Open File N° 02445:26 p.
- Fader, G.B.J., R.O. Miller, and S.S. Pecore.** 1990. The Marine Geology of Halifax Harbour and Adjacent Areas. Geological Survey of Canada, Open File N° 02384, 20 Maps; Location, Survey Location (1:25,000). Location, Sample Locations (1:25,000). Surficial Geology, Lithological (1:10,000). Geophysical, Sonar Surveys (1:3,500). Geological, Isopachs (1:10,000) 23 p.
- Fensome, R.A., G.L. Williams, M.S. Barss, J. Freeman, and J. Hill.** 1990. Acritarchs and Fossil Prasinophytes: an Index to Genera, Species and Intraspecific Taxa. AASP Contributions Series N° 25, Amer. Assoc. Stratigraphic Palynologists Foundation, 1 Vol. (Looseleaf).
- Forsyth, D.A., T. Cote, J. Craven, M. Argyle, R.A. Stephenson, H.R. Jackson, L. Johnson, J. Dearnley-Davison, M. Wright, and R.C. Chiemann.** 1990. 1990 Ice Island Refraction Survey, Ellef Rignes and Meighen Islands Region, Canadian Arctic. Geological Survey of Canada, Open File N° 02273:57 p.
- Fountain, D.M., M.H. Salisbury, J.A. and Percival.** 1990. Seismic Structure of the Continental Crust Based on Rock Velocity Measurements from the Kapuskasing Uplift. *J. Geophys. Res.* 95, (2):1167-1186.
- Fowler, M.G., L.R. Snowdon, K.R. Stewart, and K.D. McAlpine.** 1990. Rock-Eval/TOC Data from Nine Wells Located Offshore Newfoundland. Geological Survey of Canada, Open File N° 02271:71 p.
- Fricker, A.** 1990. A Canadian Index of Lithostratigraphic and Lithodemic Units. In: Statistical Applications in the Earth Sciences. Geological Survey of Canada, Paper N° 89-09:459-466.
- Fricker, A.** 1990. Opinion – Scientific Literacy of the General Public. *Atlantic Science* 5(2). Atlantic Provinces Council for the Sciences:3.
- Frobel, D.** 1990. Cruise Report 88018 (F) Phase 12, Northeastern Northumberland Strait, September 24-October 4, 1988. Geological Survey of Canada, Open File N° 02243:37 p.
- Gradstein, F., F. Agterberg, J. Brower, and W. Schwarzhachey W.** 1990. Quantitative Stratigraphy (Chinese Translation). Chinese Academy of Sciences:284 p.
- Gradstein, F.M.** 1990. Program Stratcor for Zonation and Correlation of Fossil Events. Geological Survey of Canada, Open File N° 02285:12 p.
- Gradstein, F.M., and M. Fearon.** 1990. Stratcor, A New Method for Biozonation and Correlation with Application to Exploration Micropaleontology. In: Statistical Applications in the Earth Sciences. Geological Survey of Canada, Paper N° 89-09:568-569.
- Gradstein, F.M., L.F. Jansa, S.P. Srivastava, M.A. Williamson, G. Bonham Carter, and B. Stam.** 1990. Chap. 8: Paléo-Océanographie de l'Atlantique Nord. Dans: Géologie de la Marge Continentale de l'Est du Canada. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:377-417.
- Gradstein, F.M., L.F. Jansa, S.P. Srivastava, M.A. Williamson, G. Bonham Carter, and B. Stam.** 1990. Chap. 8: Aspects of North Atlantic Paleo-Oceanography. In: Geology of the Continental Margin of Eastern Canada. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:351-389.
- Grant, A.C.** 1990. Profondeur du Socle Sous la Marge Continentale de l'Est du Canada. Geological Survey of Canada, "A" Series Map N° 01707A, 1 Map; Geological (1:5,000,000).
- Grant, A.C., and K.D. McAlpine.** 1990. Chap. 6: La Marge Continentale autour de Terre-Neuve. Dans: Géologie de la Marge Continentale de l'Est du Canada. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:253-309.
- Grant, A.C., and K.D. McAlpine.** 1990. Chap. 6: the Continental Margin Around Newfoundland. In: Geology of the Continental Margin of Eastern Canada. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:239-292.
- Hall, J., G. Quinlan, F. Marillier, and C.E. Keen.** 1990. Dipping Shear Zones and the Base of the Crust in the Appalachians, Offshore Canada: Seismic Probing of Continents and their Margins. *Tectonophysics* 173(1-4):581-593.
- Hardwick, C.D., J.B. Nelson, L. Thorning, M.E. Bower, D.L. Marcotte, D. Forsyth, R. Macnab, and D. Teskey.** 1990. An Aeromagnetic Survey in the Lincoln Sea: Procedures and Preliminary Results. Current Research Part D, Interior Plains and Arctic Canada; Recherches en Cours Partie D, Plaines Intérieures et Région Arctique du Canada:11-16.
- Hardy, I.A., D. Beaver, and S. Merchant.** 1990. An Index to Samples and Geophysical Records Collected by the Atlantic Geoscience Centre for Fiscal Year 1989-1990. Geological Survey of Canada, Open File N° 02281:203 p.
- Hein, F.J., N.A. Van Wagoner, and P.J. Mudie.** 1990. Sedimentary Facies and Processes of Deposition; Ice Island Cores, Axel Heiberg Shelf, Canadian Polar Continental Margin; Arctic Geoscience. *Mar. Geol.* 93(1-4):243-265.
- Hequette, A., and P.W. Barnes.** 1990. Coastal Retreat and Shoreface Profile Variations in the Canadian Beaufort Sea In: P.R. Hill (ed.), Special Section: the Beaufort Sea Coastal Zone. *Mar. Geol.* 91(1-2):113-132.
- Hequette, A., and M.-H. Ruz.** 1990. Sédimentation Littorale en Bordure de Plaines d'Épandage Fluvio-glaciaire au Spitsberg Nord-Occidental (Coastal Sedimentation along Glacial Outwash Plain Shorelines in Northwestern Spitsbergen). *Géographie Physique et Quaternaire* 44(1):77-88.
- Hequette, A., K.A. Jenner, and P.R. Hill.** 1990. Beach Morphodynamics and Sediment Transport at Tibjak Beach, Canadian Beaufort Sea Coast. Geological Survey of Canada, Open File N° 02280:44 p.
- Hill, P.R.** 1990. Coastal Geology of the King Point Area, Yukon Territory, Canada. In: P.R. Hill (ed.), Special Section: the Beaufort Sea Coastal Zone. *Mar. Geol.* 91(1-2):93-111.
- Huang, Z., and F. Gradstein.** 1990. Depth-Porosity Relationship from Deep Sea Sediments. *J. Scient. Drilling* 1:57-162.
- Hughes Clarke, J.E., A.N. Shor, D.J.W. Piper, and L.A. Mayer.** 1990. Large-Scale Current-Induced Erosion and Deposition in the Path of the 1929 Grand Banks Turbidity Current. *Sedimentology* 37(4):613-629.
- Jackson, H.R.** 1990. Evolution and Regional Stratigraphy of the Northeastern Canadian Polar Margin: Arctic Geoscience. *Mar. Geol.* 93(1/4):179-192.
- Jansa, L.F., M.P. Aubry, and F.M. Gradstein.** 1990. Comets and Extinctions: Cause and Effect? In: Global Catastrophes in Earth History; an Interdisciplinary Conf. on Impacts, Volcanism, and Mass Mortality. Geological Society of America, Special Paper N° 247:223-232.
- Jansa, L.F., and V.H. Noguera.** 1990. Geology and Diagenetic History of Overpressured Sandstone Reservoirs, Venture Gas Field, Offshore Nova Scotia. *AAPG Bull.* 74(10):1640-1658.
- Josenhans, H.W., and J. Zevenhuizen.** 1990. Dynamics of the Laurentide Ice Sheet in Hudson Bay, Canada. *Mar. Geol.* 92(1-2):1-26.
- Josenhans, H., J. Zevenhuizen, and B. Maclean.** 1990. Preliminary Seismostratigraphic Interpretations from the Gulf of St. Lawrence; Current Research Part B, Eastern and Atlantic Canada. *Recherches en Cours Partie B, Est et Région Atlantique du Canada.* Geological Survey of Canada, Paper N° 90-01B:59-75.
- Keen, C.E., and C. Beaumont.** 1990. Chap. 9: Géodynamique des Marges Continentales de Divergence. Dans: Géologie de la Marge Continentale de l'Est du Canada. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:419-509.
- Keen, C.E., and C. Beaumont.** 1990. Chap. 9:



- Geodynamics of Rifted Continental Margins. In: *Geology of the Continental Margin of Eastern Canada*. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:391-472.
- Keen, C.E., W.A. Kay, and W.R. Roest.** 1990. Crustal Anatomy of a Transform Continental Margin: Seismic Probing of Continents and their Margins. *Tectonophysics* 173(1-4):527-544.
- Keen, C.E., B.D. Loncarevic, I. Reid, J. Woodside, R.T. Haworth, and H. Williams.** 1990. Chap. 2: Tectonic and Geophysical Overview. In: *Geology of the Continental Margin of Eastern Canada*. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:31-85, 1 Map; Geological, Geological (1:5,000,000).
- Keen, C.E., B.D. Loncarevic, I. Reid, J. Woodside, R.T. Haworth, and H. Williams.** 1990. Chap. 2: Tectonique et Géophysique Régionales. Dans: *Géologie de la Marge Continentale de l'Est du Canada*. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:33-90, 1 Map; Geological, Geological (1:5,000,000).
- Keen, M.J.** 1990. Chap. 15: Les Perspectives des Géosciences Marines en 1987. Dans: *Géologie de la Marge Continentale de l'Est du Canada*. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:887-892.
- Keen, M.J.** 1990. Chap. 15: The Future: A View of Marine Geology and Geophysics in 1987. In: *Geology of the Continental Margin of Eastern Canada*. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:829-832.
- Keen, M.J., and G.D.M. Cameron.** 1990. Carte Tectonique de la Marge Continentale de l'Est du Canada. Geological Survey of Canada, "A" Series Map N° 01706A, 1 Map; Geological, Tectonic (1:5,000,000).
- Keen, M.J., E.M. Klein, and W.G. Melson.** 1990. Ocean-Ridge Basalt Compositions Correlated with Palaeobathymetry. *Nature* 345(6274):423-426.
- Keen, M.J., and D.J.W. Piper.** 1990. Chap. 1: Considérations Générales. Dans: *Géologie de la Marge Continentale de l'Est du Canada*. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:5-32, 8 Maps; Geological, Geological (1:5,000,000). Geological, Tectonic (1:5,000,000). Physiographic, Surface Geology (1:5,000,000). Geophysical, Gravity Anomaly (1:5,000,000). Geophysical, Magnetic Anomaly (1:5,000,000). Geological, Crustal Thickness (1:5,000,000). Surficial Geology, Quaternary (1:5,000,000). Hydrographic, Bathymetry (1:5,000,000).
- Keen, M.J., and D.J.W. Piper.** 1990. Chap. 1: Geological and Historical Perspective. In: *Geology of the Continental Margin of Eastern Canada*. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:5-30, 8 Maps; Geological, Geological (1:5,000,000). Geological, Tectonic (1:5,000,000). Physiographic, Surface Geology (1:5,000,000). Geophysical, Gravity Anomaly (1:5,000,000). Geophysical, Magnetic Anomaly (1:5,000,000). Geological, Crustal Thickness (1:5,000,000). Surficial Geology, Quaternary (1:5,000,000). Hydrographic, Bathymetry (1:5,000,000).
- Keen, M.J., and G.L. Williams.** 1990. *Géologie de la Marge Continentale de l'Est du Canada*. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:914, 8 Maps; Geological, Geological (1:5,000,000). Geological, Tectonic (1:5,000,000). Physiographic, Surface Geology (1:5,000,000). Geophysical, Gravity Anomaly (1:5,000,000). Geophysical, Magnetic Anomaly (1:5,000,000). Geological, Crustal Thickness (1:5,000,000). Surficial Geology, Quaternary (1:5,000,000). Hydrographic, Bathymetry (1:5,000,000).
- Keen, M.J., and G.L. Williams.** 1990. *Geology of the Continental Margin of Eastern Canada*. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:855, 8 Maps; Geological, Geological (1:5,000,000). Geological, Tectonic (1:5,000,000). Physiographic, Surface Geology (1:5,000,000). Geophysical, Gravity Anomaly (1:5,000,000). Geophysical, Magnetic Anomaly (1:5,000,000). Geological, Crustal Thickness (1:5,000,000). Surficial Geology, Quaternary (1:5,000,000). Hydrographic, Bathymetry (1:5,000,000).
- Kennard, L., C. Schafer, and L. Carter.** 1990. Late Cenozoic Evolution of Sackville Spur: a Sediment Drift on the Newfoundland Continental Slope. *Can. J. Earth Sci.* 27(6):863-878.
- Lewis, C.F.M., and M.J. Keen.** 1990. Chap. 14: Obstacles Géologiques à la Mise en Valeur de la Marge Continentale. Dans: *Géologie de la Marge Continentale de l'Est du Canada*. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:797-883.
- Lewis, C.F.M., and M.J. Keen.** 1990. Chap. 14: Constraints to Development. In: *Geology of the Continental Margin of Eastern Canada*. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:743-823.
- Loncarevic, B.D., T. Feininger, and D. Lefebvre.** 1990. The Sept-Iles Layered Mafic Intrusion: Geophysical Expression. *Can. J. Earth Sci.* 27(4):501-512, 1 Map; Location, Geophysical Surveys (1:500,000).
- Loncarevic, B.D., A.G. Sherin, and J.M. Woodside.** 1990. An Evaluation of Spans for Presentation of the Frontier Geoscience Program's Basin Atlas. In: *Statistical Applications in the Earth Sciences*. Geological Survey of Canada, Paper N° 89-09:211.
- MacLean, B., G.L. Williams, and S.P. Srivastava.** 1990. *Géologie de la Baie de Baffin et du Détroit de Davis* (Chap. 7: *Géologie de la Plate-Forme du Labrador, de la Baie de Baffin et du Détroit de Davis*). Dans: *Géologie de la Marge Continentale de l'Est du Canada*. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:348-374, 2 Maps; Geological, Geological (1:5,000,000). Physiographic, Surface Geology (1:5,000,000).
- MacLean, B., G.L. Williams, and S.P. Srivastava.** 1990. *Geology of Baffin Bay and Davis Strait* (Chap. 7: *Geology of the Labrador Shelf, Baffin Bay, and Davis Strait*). In: *Geology of the Continental Margin of Eastern Canada*. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:325-348, 2 Maps; Geological, Geological (1:5,000,000). Physiographic, Surface Geology (1:5,000,000).
- Macnab, R., K.G. Shih, W.A. Bothner, J. Brooks, C. Delorey, and K. Klitgord.** 1990. Magnetic Data Over Gulf of Maine and Adjacent Land Areas: Preparation of a Database for Construction of a 1:500,000 Magnetic Anomaly Map. Geological Survey of Canada, Open File N° 02295:19 p.
- Macnab, R., J. Verhoef, and S.P. Srivastava.** 1990. A Compilation of Magnetic Data from the Arctic and North Atlantic Oceans. In: *Current Research Part D, Interior Plains and Arctic Canada*. Dans: *Recherches en Cours Partie D, Plaines Intérieures et Région Arctique du Canada*. Geological Survey of Canada, Paper N° 90-01D:1-9.
- Marillier, F., and J. Reid.** 1990. Crustal Underplating beneath the Carboniferous Magdalen Basin (Eastern Canada): Evidence from Seismic Reflection and Refraction. In: *The Potential of Deep Seismic Profiling for Hydrocarbon Exploration* (Proc.):209-218.
- Marillier, F., P. Hull, W.R. Roest, and P.W. Durling.** 1990. New Colour Display Techniques Help to Interpret Deep Seismic Reflections: EOS Trans., Amer. Geophys. Union 71(42):1147, 1150.
- Marsters, J.C., and H.A. Christian.** 1990. Hydraulic Conductivity of Diatomaceous Sediment from the Peru Continental Margin Obtained During ODP Leg 112. *Proc. of the Ocean Drilling Program, Scientific Results* 112:633-638.
- McAlpine, K.D.** 1990. Mesozoic Stratigraphy, Sedimentary Evolution, and Petroleum Potential of the Jeanne d'Arc Basin, Grand Banks of Newfoundland. Geological Survey of Canada, Paper N° 89-17:50 p.
- McMillan, N.J., B. MacLean, G.L. Williams, S.P. Srivastava, and H.R. Balkwill.** 1990. *Géologie du Mésozoïque-Cénozoïque de la Plate-Forme du Labrador* (Chap. 7: *Géologie de la Plate-Forme du Labrador, de la Baie de Baffin et du Détroit de Davis*). Dans: *Géologie de la Marge Continentale de l'Est du Canada*. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:313-347.
- McMillan, N.J., B. MacLean, G.L. Williams, S.P. Srivastava, and H.R. Balkwill.** 1990. Mesozoic-Cenozoic Geology of the Labrador Shelf (Chap. 7: *Geology of the Labrador Shelf, Baffin Bay, and Davis Strait*). In: *Geology of the Continental Margin of Eastern Canada*. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:295-324.
- Miller, R.O., and G.B.J. Fader.** 1990. *Cruise Report 89-009, Phase A - Halifax Inlet*.

- Geological Survey of Canada, Open File N° 02242:56 p.
- Miller, R.O., and G.B.J. Fader.** 1990. Cruise Report 89-009, Phase C – Sand Wave Field – Scots Bay, F.R.V. *Navicula*. Geological Survey of Canada, Open File N° 02298:28 p., 1 Map; Geophysical, Lithological Interpretations (1:20,000).
- Miller, R.O., G.B.J. Fader, and M. Douma.** 1990. Surficial Geological Digital Maps of Grand Bank, Grand Banks of Newfoundland. Geological Survey of Canada, Open File N° 02320, 14 Maps; Surficial Geology, Bedforms (1:250,000). Surficial Geology, Lithology (1:250,000).
- Moran, K., D.C. Mosher, D. Gillespie, K. Jarrett, and R.C. Courtney.** 1990. Cruise Report 88401: Hibernia Area, Grand Banks of Newfoundland, M.V. *Pholas*. Geological Survey of Canada, Open File N° 02297:64 p.
- Moran, K., and P. Potter.** 1990. Physical Properties of Core Samples Collected on Cruise 88024. Geological Survey of Canada, Open File N° 02302:15 p.
- Mosher, D.C., P.J. Mudie, S.A. Thibaudeau, and D. Frobel.** 1990. Ice Island Sampling and Investigation of Sediments: an Environmental Marine Geology Program. Geological Survey of Canada, Open File N° 02261, 16 Min. Videotape.
- Mudford, B.J.** 1990. A One-Dimensional, Two Phase Model of Overpressure Generation in the Venture Gas Field, Offshore Nova Scotia. *Bull. Can. Petrol. Geol.* 38(2): 246-258.
- Mudie, P.J., A. de Vernal, and M.J. Head.** 1990. Neogene to Recent Palynostratigraphy of Circum-Arctic Basins: Results of ODP Leg 104, Norwegian Sea, Leg 105, Baffin Bay and DSDP Site 611, Irminger Sea. *Proc. Int. Workshop on Geologic History of the Polar Oceans: Arctic vs. Antarctic; NATO ASI Series C*. Reidel Pub.:609-646.
- Mukhopadhyay, P.K., and J.A. Wade.** 1990. Organic Facies and Maturation of Sediments from Three Scotian Shelf Wells. *Bull. Can. Petrol. Geol.* 38(4):407-425.
- Parrott, D.R., C.F.M. Lewis, E. Banke, B.G.J. Fader, and G.V. Sonnichsen.** 1990. Seabed Disturbance by a Recent (1989) Iceberg Grounding on the Grand Banks of Newfoundland. In: *Current Research Part B, Eastern and Atlantic Canada*. Dans: *Recherches en Cours Partie B, Est et Région Atlantique du Canada*. Geological Survey of Canada, Paper N° 90-01B:43-48.
- Pecore, S.S., and G.B.J. Fader.** 1990. Surficial Geology, Pockmarks, and Associated Neotectonic Features of Passamaquoddy Bay, New Brunswick, Canada. Geological Survey of Canada, Open File N° 02213:45 p.
- Pe-Piper, G., D.J.W. Piper, M.J. Keen, and N.J. McMillan.** 1990. Roches Ignées de la Marge Continentale (Chap. 2: Tectonique et Géophysique Régionales). Dans: *Géologie de la Marge Continentale de l'Est du Canada*. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:80-90.
- Pe-Piper, G., D.J.W. Piper, M.J. Keen, and N.J. McMillan.** 1990. Igneous Rocks of the Continental Margin (Chap. 2: Tectonic and Geophysical Overview). In: *Geology of the Continental Margin of Eastern Canada*. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:75-85.
- Piper, D.J.W., G.D.M. Cameron, and M.A. Best.** 1990. *Géologie du Quaternaire de la Marge Continentale de l'Est du Canada*. Geological Survey of Canada, "A" Series Map N° 01711A, 1 Map; Geological (1:5,000,000).
- Piper, D.J.W., M.R. Gipp, and K. Moran.** 1990. Radiocarbon Dating Evidence for the Age of Deglaciation of LaHave Basin, Scotian Shelf. In: *Current Research Part B, Eastern and Atlantic Canada*. Dans: *Recherches en Cours Partie B, Est et Région Atlantique du Canada*. Geological Survey of Canada, Paper N° 90-01B:29-32.
- Piper, D.J.W., N. Kontopoulos, C. Anagnostou, G. Chronis, and A.G. Panagos.** 1990. Modern Fan Deltas in the Western Gulf of Corinth, Greece. *Geo-Marine Lett.* 10(1): 5-12.
- Piper, D.J.W., P.J. Mudie, G.B. Fader, H.W. Josenhans, B. MacLean, and G. Vilks.** 1990. Chap. 10: *Géologie du Quaternaire*. Dans: *Géologie de la Marge Continentale de l'Est du Canada*. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:511-652, 1 Map; Hydrographic, Bathymetric (1:5,000,000).
- Piper, D.J.W., P.J. Mudie, G.B. Fader, H.W. Josenhans, B. MacLean, and G. Vilks.** 1990. Chap. 10: *Quaternary Geology*. In: *Geology of the Continental Margin of Eastern Canada*. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:475-607, 1 Map; Hydrographic, Bathymetric (1:5,000,000).
- Piper, D.J.W., and R. Sparkes.** 1990. Bathymetry of the Continental Slope and Rise Off the Southern Grand Banks of Newfoundland. Geological Survey of Canada, Open File N° 02232:1 p., 1 Map; Hydrographic, Bathymetry (1:1,000,000).
- Piper, D.J.W., and R. Sparkes.** 1990. Pliocene-Quaternary Geology Central Scotian Slope. Geological Survey of Canada, Open File N° 02233:5 p., 12 Maps; Geological, Facies, Isopachs (1:250,000).
- Praeg, D.B., C.T. and Schafer.** 1990. Seabed Features of the Labrador Slope and Rise Near 55N Revealed by Seamarc I Sidescan Sonar Imagery. Geological Survey of Canada, Open File N° 02028:72 p., 4 Maps; Location, Survey Location (1:150,000). Geophysical, Sidescan Sonar Surveys (1:150,000).
- Prior, D.B., and B.D. Bornhold.** 1990. The Underwater Development of Holocene Fan Deltas. In: A. Colella and D.B. Prior (eds.), *Fan Deltas*. IAS – Special Publication:75-90.
- Reid, I., and C.E. Keen.** 1990. High Seismic Velocities Associated with Reflections from within the Lower Oceanic Crust Near the Continental Margin of Eastern Canada. *Earth Planet. Sci. Lett.* 99(1-2):118-126.
- Reid, I., and C. Keen.** 1990. Deep Coastal Structure beneath a Rifted Basin: Results from Seismic Refracture Measurements Across the Jeanne d'Arc Basin, Offshore Eastern Canada. *Can. J. Earth Sci.* 27(11): 1462-1471.
- Sanford, B.V., and A.C. Grant.** 1990. Bedrock Geological Mapping and Basin Studies in the Gulf of St. Lawrence. In: *Current Research Part B, Eastern and Atlantic Canada*. Dans: *Recherches en Cours Partie B, Est et Région Atlantique du Canada*. Geological Survey of Canada, Paper N° 90-01B:33-42.
- Sanford, B.V., and A.C. Grant.** 1990. New Findings Relating to the Stratigraphy and Structure of the Hudson Platform. In: *Current Research Part D, Interior Plains and Arctic Canada*. Dans: *Recherches en Cours Partie D, Plaines Intérieures et Région Arctique du Canada*. Geological Survey of Canada, Paper N° 90-01D:17-30.
- Savoie, B., P. Cochonat, and D.J.W. Piper.** 1990. Seismic Evidence for a Complex Slide Near the Wreck of the Titanic: Model of an Instability Corridor for Non-Channeled Gravity Events. *Mar. Geol.* 91(4):281-298.
- Schafer, C.T.** 1990. The China Harbours Siltation Project/Projet d'Étude Portant sur l'Ensablement de Deux Ports de Chine. *Geos* 19(4):20-25.
- Schafer, C.T., D. Heffler, F.M. Caimi, and R.F. Tusting.** 1990. The Hysub 5000 as an Underwater Survey Camera Platform. In: *Proc. "Intervention 90" Conf., Vancouver: 345-351*.
- Schroder-Adams, C.J., P.J. Mudie, F.E. Cole, and F.S. Medioli.** 1990. Late Holocene Benthic Foraminifera beneath Perennial Sea Ice on Antarctic Continental Shelf: Arctic Geoscience. *Mar. Geol.* 93(1-4):225-242.
- Shaw, J., and D.L. Forbes.** 1990. Long- and Short-Term Trends of Relative Sea Level, Atlantic Canada. In: *Proc. Canadian Coastal Conf., Kingston*. National Research Council of Canada:291-305.
- Shaw, J., and D.L. Forbes.** 1990. Relative Sea-Level Change and Coastal Response, Northeast Newfoundland. *J. Coastal Res.* 6(3):641-660.
- Shaw, J., and D.L. Forbes.** 1990. Late Quaternary Sedimentation in St. George's Bay, Southwest Newfoundland: Acoustic Stratigraphy and Seabed Deposits. *Can. J. Earth Sci.* 27(7):964-983.
- Shaw, J., S.M. Solomon, M. Emory-Moore, D.L. Forbes, and D.N. Proudfoot.** 1990. Geochemical Data and Gold Assay Results for Seabed Samples from Inner-Shelf Sites Off Northeast Newfoundland. Geological Survey of Canada, Open File N° 02294:5 p., 1 Map; Location, Sample Locations (1:250,000).
- Shaw, J., R.B. Taylor, and D.L. Forbes.** 1990. Coarse Clastic Barriers in Eastern Canada: Patterns of Glaciogenic Sediment with Rising Sea Levels. Special Issue N° 9, *Proc. of the Skagen Symp. J. Coast. Res.*:160-200.
- Shaw, J., and B. Wile.** 1990. Marine Geologi-

- cal Surveys in the Nearshore of Northeast Newfoundland: White Bay, Baie Verte, Green Bay and Halls Bay. Geological Survey of Canada, Open File N° 02311:32 p., 3 Maps; Location, Survey Locations (1:286,000). Location, Survey Locations (1:6,000).
- Sherin, A.G., and P.N. Moir.** 1990. Building a GIS for the Atlantic Geoscience Centre: Which Direction? In: Statistical Applications in the Earth Sciences. Geological Survey of Canada, Paper N° 89-09:215.
- Shih, K.G., W. Kay, J. Woodside, R. Jackson, J. Adams, J. Drysdale, J.S. Bell, and A.J. Podrousek.** 1990. Épaisseur de la Croute, Sismicité et Orientation des Contraintes sur la Marge Continentale de l'Est du Canada. Geological Survey of Canada, "A" Series Map N° 01710A, 1 Map; Geophysical, Seismic/Stress Orientation (1:5,000,000).
- Shih, K.G., R. Macnab, W.A. Bothner, J. Brooks, C. Delorey, and K. Klitgord.** 1990. Magnetic Data Over Gulf of Maine and Adjacent Land Areas: Preparation of a Database for Construction of a 1:500,000 Magnetic Anomaly Map. Geological Survey of Canada, Open File N° 02295:19 p.
- Shor, A.N., D.J.W. Piper, J.E. Hughes Clarke, and L.A. Mayer.** 1990. Giant Flute-Like Scour and Other Erosional Features Formed by the 1929 Grand Banks Turbidity Current. *Sedimentology* 37(4):631-645.
- Srivastava, S.P., H. Schouten, W.R. Roest, K.D. Klitgord, L.C. Kovacs, J. Verhoef, and R. Macnab.** 1990. Iberian Plate Kinematics: a Jumping Plate Boundary between Eurasia and Africa. *Nature* 344 (6268):756-759.
- Srivastava, S.P., W.R. Roest, L.C. Kovacs, G. Oakey, S. Lévesque, J. Verhoef, and R. Macnab.** 1990. Motion of Iberia since the Late Jurassic: Results from Detailed Aeromagnetic Measurements in the Newfoundland Basin. In: G. Boillot (ed.), *Alpine Evolution of Iberia and Its Continental Margins*. *Tectonophysics* 184(3-4):229-260.
- Stockmal, G., S. Colman-Sadd, C. Keen, F. Marillier, S. O'Brien, and G. Quinlan.** 1990. Plate Tectonic Evolution of the Canadian Appalachians: Constraints Imposed by Marine Deep Seismic Reflection Data. *Tectonics* 9(1):45-62.
- Stockmal, G.S., and J.W.F. Waldron.** 1990. Structure of the Appalachian Deformation Front in Western Newfoundland: Implications of Multichannel Seismic Reflection Data. *Geology* 18(8):765-768.
- Syvitski, J., A. Elverhyi, R. Powell, J.T. Andrews, J. Locat, B. Long, G. Vilks, J. Kravitz, C. Hillarie-Marcel, A. de Vernal, I. Kaczmarzka, B. Mucci, P. Steineck, J.N. Smith, and R. Pocklington.** 1990. Global Climatic Change as Measured Through a Continuous Late Wisconsinan Quaternary Record with Special Emphasis on the Holocene. 1990 ODP-Canada Drilling Proposals ix-1 to ix-8.
- Syvitski, J., and C. Schafer.** 1990. Adfex Environmental Impact Statement (EIS). Geological Survey of Canada, Open File N° 02312:86 p.
- Syvitski, J.P.M.** 1990. Modelling the Sedimentary Fill of Basins. In: *Statistical Applications in the Earth Sciences*. Geological Survey of Canada, Paper N° 89-09:505-515.
- Syvitski, J.P.M., K.W.G. Leblanc, and R.E. Cranston.** 1990. The Flux and Preservation of Organic Carbon in Baffin Island Fjords. In: *Glacimarine Environments: Processes and Sediments*. Geological Society Special Publication 53:177-199.
- Taylor, R.B., and D. Frobel.** 1990. Approaches and Results of a Coastal Dune Restoration Program on Sable Island, Nova Scotia. In: *Proc. Symp. on Coastal Sand Dunes*, Sept., Guelph, Ont. National Research Council of Canada:405-430.
- Thomas, F.C., and R.A. Hasen.** 1990. Fifteen Hundred References for Jurassic and Lower Cretaceous Foraminifera. Geological Survey of Canada Open File 2154:113 p.
- Verhoef, J., and J. Arkhani-Hamed.** 1990. Chemical Remanent Magnetization of Oceanic Crust. *Geophys. Res. Lett.* 17(11):1945-1948.
- Verhoef, J., R. Macnab, G. Oakey, K. Usow, and P. Hull.** 1990. A Technique for Cataloguing and Retrieving Large Sets of Marine Magnetic and Aeromagnetic Data. In: *Current Research Part A, National and General Programs*. Dans: *Recherches en Cours Partie A, Programmes Nationaux et Généraux*. Geological Survey of Canada, Paper N° 90-01A:21-25.
- Vilks, G., and D. Buckley.** 1990. Evidence for Dissolution and Sorting of Planktonic Foraminifers in Pleistocene Sediments at Hole 708A. In: *Proc. of the Ocean Drilling Program, Scientific Results* 115:621-625.
- Vilks, G., B. MacLean, and C. Rodrigues.** 1990. Late Quaternary High Resolution Seismic and Foraminiferal Stratigraphy in the Gulf of St. Lawrence. In: *Current Research Part B, Eastern and Atlantic Canada*. Dans: *Recherches en Cours Partie B, Est et Région Atlantique du Canada*. Geological Survey of Canada, Paper N° 90-01B:49-58.
- Wade, J.A.** 1990. La Stratigraphie du Bassin du Banc de Georges et ses Rapports avec le Bassin Néo-Écossais (Chap. 5: Géologie de la Marge Continentale du Sud-Est du Canada). Dans: *Géologie de la Marge Continentale de l'Est du Canada*. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:177-200.
- Wade, J.A.** 1990. The Stratigraphy of Georges Bank Basin and Relationships to the Scotian Basin (Chap. 5: Geology of the Southeastern Margin of Canada). In: *Geology of the Continental Margin of Eastern Canada*. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:171-190.
- Wade, J.A., B.C. and MacLean.** 1990. Aspects of the Geology of the Scotian Basin from Recent Seismic and Well Data (Chap. 5: Geology of the Southeastern Margin of Canada). In: *Geology of the Continental Margin of Eastern Canada*. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:190-238.
- Wade, J.A., and B.C. Maclean.** 1990. Considerations sur la Géologie du Bassin Néo-Écossais d'après de Récentes Données Sismiques et Données de Puits (Chap. 5: Géologie de la Marge Continentale du Sud-Est du Canada). Dans: *Géologie de la Marge Continentale de l'Est du Canada*. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:200-252.

## 1991

- Anastasakis, G., and D.J.W. Piper.** 1991. Character of Seismo-Turbidites Deposited during Sapropel S-I, Zakynthos and Strofadhes Basins. *Sedimentology* 38:717-733.
- Anonymous.** 1991. Compilation of Geoscience Data Related to Non-Fuel Minerals and Aggregates on the Inner Scotian Shelf, Lunenburg to Country Harbour. Geological Survey of Canada, Open File N° 02440:79 p., 12 Maps; Location, Sample Lines Location (1:50,000). Location, Seismic Lines Location (1:10,000). Location, Seismic Lines Location (1:300,000). Location, Sample Locations (1:300,000). Geological, Surficial Geological (1:300,000).
- Anonymous.** 1991. Magnetic Anomaly Map, Labrador Sea Northwest. Carte Anomalies Magnétiques, Mer du Labrador Nord-Ouest. Geological Survey of Canada, National Earth Science Series, Magnetic Anomaly Map N° No-21-M1 Map(s); Geophysical, Magnetic Anomaly (1:1,000,000).
- Anonymous.** 1991. Magnetic Anomaly Map, Labrador Sea South. Carte Anomalies Magnétiques, Mer du Labrador Sud. Geological Survey of Canada, National Earth Science Series, Magnetic Anomaly Map N° Nn-22-M1 Map(s); Geophysical, Magnetic Anomaly (1:1,000,000).
- Ascoli, P., M.P. Avery, M.S. Barss, J.P. Bujak, E.H. Davies, R.A. Fensome, P.A. Hacquebard, J.K. Lentin, W.C. MacMillan, J.A. Wade, and G.L. Williams.** 1991. Biostratigraphy and Maturation Data 7: Selected Wells. Biostratigraphie et Données de Maturation 7: Puits Sélectionnés. In: *East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf*. Dans: *Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise*. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:39.
- Ascoli, P., M.P. Avery, M.S. Barss, J.P. Bujak, E.H. Davies, R.A. Fensome, P.A. Hacquebard, J.K. Lentin, W.C. MacMillan, J.A. Wade, and G.L. Williams.** 1991. Biostratigraphy and Maturation Data 8: Selected Wells. Biostratigraphie et Données de Maturation 8: Puits Sélectionnés. In: *East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf*. Dans: *Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise*. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada,

- Commission Géologique du Canada:41.
- Ascoli, P., M.P. Avery, M.S. Barss, J.P. Bujak, E.H. Davies, R.A. Fensome, P.A. Hacquebard, J.K. Lentin, W.C. MacMillan, J.A. Wade, and G.L. Williams.** 1991. Biostratigraphy and Maturation Data 6: Selected Wells. Biostratigraphie et Données de Maturation 6: Puits Sélectionnés. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:37.
- Ascoli, P., M.P. Avery, M.S. Barss, J.P. Bujak, E.H. Davies, R.A. Fensome, P.A. Hacquebard, J.K. Lentin, W.C. MacMillan, J.A. Wade, and G.L. Williams.** 1991. Biostratigraphy and Maturation Data 5: Selected Wells. Biostratigraphie et Données de Maturation 5: Puits Sélectionnés. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:35.
- Ascoli, P., M.S. Barss, J.P. Bujak, E.H. Davies, F.M. Gradstein, R.A. Fensome, J.K. Lentin, G.L. Williams, and W.C. MacMillan.** 1991. Biostratigraphy and Maturation Data 2: Palynological and Micropaleontological Data. Biostratigraphie et Données de Maturation 2: Données Palynologiques et Micropaléontologiques. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:29.
- Atlantic Geoscience Centre:** Centre Géoscientifique de l'Atlantique. 1991. Introduction 2: Bathymetry and Physiographic Features. Bathymétrie et Entités Physiographiques. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:3.
- Atlantic Geoscience Centre:** Centre Géoscientifique de l'Atlantique. 1991. Surficial Geology and Physical Properties 1: Control Data. Géologie des Formations en Surface et Propriétés Physiques 1: Données de Contrôle. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:111.
- Avery, M.P.** 1991. Vitrinite Reflectance (RO) of Dispersed Organics from Shell Tantallon M-41. Geological Survey of Canada, Open File N° 02381:16 p.
- Barss, M.S., J.P. Bujak, J.K. Lentin, G.L. Williams, and W.C. MacMillan.** 1991. Biostratigraphy and Maturation Data 9: Kerogen-Type Plots. Biostratigraphie et Données de Maturation 9: Diagrammes des Types de Kérogène. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:43.
- Barss, M.S., J.P. Bujak, J.K. Lentin, G.L. Williams, and W.C. MacMillan.** 1991. Biostratigraphy and Maturation Data 10: Kerogen-Type Plots. Biostratigraphie et Données de Maturation 10: Diagrammes des Types de Kérogène. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:45.
- Barss, M.S., J.P. Bujak, J.K. Lentin, G.L. Williams, and W.C. MacMillan.** 1991. Biostratigraphy and Maturation Data 12: Kerogen-Type Plots. Biostratigraphie et Données de Maturation 12: Diagrammes des Types de Kérogène. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:49.
- Barss, M.S., J.P. Bujak, J.K. Lentin, G.L. Williams, and W.C. MacMillan.** 1991. Biostratigraphy and Maturation Data 11: Kerogen-Type Plots. Biostratigraphie et Données de Maturation 11: Diagrammes des Types de Kérogène. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:47.
- Bassi, G.** 1991. Factors Controlling the Style of Continental Rifting: Insights from Numerical Modelling. *Earth Planet. Sci. Lett.* 105:430-452.
- Bell, J.S., and J. Adams.** 1991. Regional Geology and Geophysics 4: Crustal Stresses, Earthquakes and Crustal Thickness. Géologie et Géophysique Régionales 4: Contraintes dans la Croute, Tremblements de Terre et Épaisseur de la Croute. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:15.
- Best, M.E., and B.S. Mudford.** 1991. Fluid-Rock Interactions in Sedimentary Basins: A New Research Direction for the Atlantic Geoscience Centre. In: T.E. Smith (ed.), *Science Review 1988 & '89*:6-10.
- Blasco, S.M., and J.F. Lewis.** 1991. Offshore Geology; Geological, Geotechnical and Geophysical Studies along an Onshore-Offshore Transect of the Beaufort Shelf. Geological Survey of Canada, Open File N° 02408:6-31.
- Buckley, D.E.** 1991. Deposition and Diagenetic Alteration of Sediment in Emerald Basin, the Scotian Shelf. *Cont. Shelf Res.* 11(8-10):1099-1122.
- Buckley, D.E.** 1991. Geoscience Investigations of Two North Atlantic Abyssal Plains – the ESOPE International Expedition. A Review. *Radioactive Waste Management and the Nuclear Fuel Cycle* 15(2-3):121-131.
- Buckley, D.E., and R.E. Cranston.** 1991. The Use of Grain Size Information in Marine Geochemistry. In: J.P.M. Syvitski (ed.), *Principles, Methods and Application of Particle Size Analysis.* Cambridge Univ. Press, New York:311-331.
- Buckley, D.E., R.A. Fitzgerald, G.V. Winters, K.W.G. Leblanc, and R.E. Cranston.** 1991. Geochemical Data from Analyses of Sediments and Pore Waters Obtained from Cores Collected in Halifax Inlet, M.V. *Frederick Creed 90 and Hudson Cruise 89-039.* Geological Survey of Canada, Open File N° 02410:116 p.
- Cant, D.** 1991. Seismic Expression 6: Detailed Seismic Line – Venture Area; Signature Sismique 6: Profil Sismique Détaillé, Région de Venture. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:107.
- Cant, D.** 1991. Introduction 1: General Stratigraphy and Type Logs; Stratigraphie Générale et Diagrammes Types. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:1.
- Cant, D., and P. Miller.** 1991. Seismic Expression 5: Sable Subbasin; Signature Sismique 5: Sous-Bassin de Sable. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:105.
- Chambers, S.R., and R.E. Cranston.** 1991. Interstitial Water Geochemistry of Kerguelen Plateau Sediments: Results from Ocean Drilling Program, Leg 119. *Proc. of Ocean Drilling Program: Scientific Results* 119:347-374.
- Christian, H.A., J. Landva, and S.M. Blasco.** 1991. Consolidation Testing of Unit D. In: *Geological, Geotechnical and Geophysical Studies along an Onshore-Offshore Transect of the Beaufort Shelf.* Geological Survey of

- Canada, Open File N° 02408:240-248.
- Christian, H.A., D.J.W. Piper, and R. Armstrong.** 1991. Strength and Consolidation Properties of Surficial Sediments, Flemish Pass: Effects of Biological Processes. *Deep Sea Res.* 38(6):663-676.
- Chronis, G., D.J.W. Piper, and C. Anagnostov.** 1991. Late Quaternary Evolution of the Gulf of Patras. *Mar. Geol.* 97:191-209.
- Coakley, J.P., and J.P.M. Syvitski.** 1991. Chap. 10, Sedigraph Technique. In: J.P.M. Syvitski (ed.), *Principles, Methods and Application of Particle Size Analysis*. Cambridge Univ. Press:129-142.
- Cranston, R.E.** 1991. Geochemical Investigations of Hydrated Sediments in the Okhotsk Sea. Geological Survey of Canada Open File 2446:104 p.
- Cranston, R.E.** 1991. Geochemistry. In: Geological, Geotechnical and Geophysical Studies along an Onshore-Offshore Transect of the Beaufort Shelf. Geological Survey of Canada, Open File N° 02408:72-78.
- Cranston, R.E.** 1991. Higher Resolution Geochemical Data for Leg 119. Proc. of Ocean Drilling Program: Scientific Results 119:903-931.
- Cranston, R.E.** 1991. Sedimentation Rate Estimates from Sulfate and Ammonia Gradients. Proc. of Ocean Drilling Program: Scientific Results 119:401-405.
- Cranston, R.E.** 1991. Testing a Higher Resolution Interstitial Water Method for the Ocean Drilling Program. Proc. of Ocean Drilling Program: Scientific Results 119: 393-399.
- Dallimore, S.R., and D. Gillespie.** 1991. Sample Handling. In: Geological, Geotechnical and Geophysical Studies along an Onshore-Offshore Transect of the Beaufort Shelf. Geological Survey of Canada, Open File N° 02408:16.
- Dallimore, S.R., D. Gillespie, F.M. Nixon, and J. Shimeld.** 1991. Drilling Methods. In: Geological, Geotechnical and Geophysical Studies along an Onshore-Offshore Transect of the Beaufort Shelf. Geological Survey of Canada, Open File N° 02408:10-15.
- Emory-Moore, M.** 1991. Gold Placer Potential of the Northern Newfoundland Shelf. Geological Survey of Canada, Open File N° 02417:113 p.
- Fader, G.B.J.** 1991. Surficial Geology and Physical Properties 4: Surface Features. Géologie des Formations en Surface et Propriétés Physiques 4: Structures Superficielles. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:117.
- Fader, G.B.J.** 1991. Gas-Related Sedimentary Features from the Eastern Canadian Continental Shelf. *Cont. Shelf Res.* 11(8-10): 1123-1153.
- Fader, G.B.J.** 1991. Surficial Geology and Physical Properties 2: Bedrock Geology. Géologie des Formations en Surface et Propriétés Physiques 2: Géologie du Substratum Rocheux. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:113.
- Fader, G.B.J.** 1991. Surficial Geology and Physical Properties 3: Subsurface Features. Géologie des Formations en Surface et Propriétés Physiques 3: Formes de Relief de Subsurface. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:115.
- Fader, G.B.J.** 1991. Surficial Geology and Physical Properties 5: Surficial Geology. Géologie des Formations en Surface et Propriétés Physiques 5: Géologie des Formations en Surface. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:119.
- Fensome, R., H. Gocht, L.E. Stover, and G. Williams.** 1991. The Eisenack Catalogue of Fossil Dinoflagellates, New Series, Vol. 1. E. Schweitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Fensome, R.A., G.L. Williams, P. Ascoli, M.S. Barss, J.P. Bujak, E.H. Davies, P.H. Doevan, and W.C. MacMillan.** 1991. Biostratigraphy and Maturation Data 1: Location Map and Zonations. Biostratigraphie et Données de Maturation 1: Carte de Localisation et Zonations. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:27.
- Fensome, R.A., G.L. Williams, M.S. Barss, J.M. Freeman, and J.M. Hill.** 1991. Alphabetical Listing of Acritarch and Fossil Prasinophyte Species. *Amer. Assoc. Stratigraphic Palynologists Contributions Series N° 26*:111 p.
- Fensome, R.A., G.L. Williams, J.P. Bujak, E.H. Davies, and W.C. MacMillan.** 1991. Biostratigraphy and Maturation Data 4: Palynostratigraphic Cross-Sections. Biostratigraphie et Données de Maturation: Coupes Palynostratigraphiques. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:33.
- Fensome, R.A., G.L. Williams, J.P. Bujak, E.H. Davies, and W.C. MacMillan.** 1991. Biostratigraphy and Maturation Data 3: Palynostratigraphic Cross-Sections. Biostratigraphie et Données de Maturation 3: Coupes Palynostratigraphiques. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:31.
- Fitzgerald, R.A., G.V. Winters, K.W.G. Leblanc, D.E. Buckley, and R.E. Cranston.** 1991. Geochemical Data from Analyses of Sediments and Pore Waters Obtained from Cores Collected in Halifax Inlet, C.S.S. *Navicula* Cruise 90-010. Geological Survey of Canada, Open File N° 02449:106 p.
- Forbes, D.L.** 1991. HMCS *Cormorant* and SDL-1 Operations on the Inner Scotian Shelf (Cruise Report 89302). Geological Survey of Canada, Open File N° 02344:38 p.
- Forbes, D.L., R. Boyd, and J. Shaw.** 1991. Late Quaternary Sedimentation and Sea-Level Changes on the Inner Scotian Shelf. *Cont. Shelf Res.* 11:1155-1179.
- Forbes, D.L., R.B. Taylor, J.D. Orford, R.W.G. Carter, and J. Shaw.** 1991. Gravel-Barrier Migration and Overstepping. *Mar. Geol.* 97(3/4):305-313.
- Forbes, D.L., R.B. Taylor, J. Shaw, R.W.G. Carter, and J.D. Orford.** 1990. Development and Stability of Barrier Beaches on the Atlantic Coast of Nova Scotia. Proc. Canadian Coastal Conf., National Research Council of Canada, Ottawa:83-98.
- Fowler, M.G., L.R. Snowdon, K.R. Stewart, and K.D. McAlpine.** 1991. Rock-Eval/TOC Data from Five Wells Located within the Jeanne d'Arc Basin, Offshore Newfoundland. Geological Survey of Canada, Open File N° 02392:40 p.
- Gearing, J.N., D.E. Buckley, and J.N. Smith.** 1991. Hydrocarbon and Metal Contents in a Sediment Core from Halifax Harbour: A Chronology of Contamination. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48(12):2344-2354.
- Gilbert, G., R. Addison, and P. Hill.** 1991. The Fate and Erosion History of Abandoned Artificial Islands in the Beaufort Sea. Geological Survey of Canada, Open File N° 02334:116 p., 12 Maps; Geological, Surficial Geological (1:2,000). Location, Target Area Locations (1:2,000). Hydrographic, Bathymetric (1:2,000).
- Gillie, R.D., and R.B. Taylor.** 1991. King Point Coastal Zone Sediment Transport Study. Geological Survey of Canada, Open File N° 02388:230 p.
- Gradstein, F.** 1991. Program Stratcor for Zonation and Correlation of Fossil Events. Geological Survey of Canada, Open File N° 2285.
- Hardy, I.A., and D.E. Beaver.** 1991. An Index to Samples and Geophysical Records Collected by the Atlantic Geoscience Centre for Fiscal Year 1990-1991. Geological Survey

- of Canada, Open File N° 02441:242 p.
- Hart, B.S., J.V. Barrie, R.G. Currie, J.L. Luternauer, D.B. Prior, and R.D. MacDonald.** 1991. High Resolution Seismic and Side-Scan Sonar Mapping of the Fraser Delta Front and Adjacent Strait of Georgia, British Columbia; Current Research, Part E. *Recherches en Cours, Partie E. Geological Survey of Canada, Paper N° 91-01E:19-23.*
- Heffler, D.** 1991. Piston Corer Dynamics. In: Proc. Ocean Technologies and Opportunities in the Pacific for the 90's. *Oceans '91, Honolulu, HI:1587-1591.*
- Heffler, D., J.P.M. Syvitski, and K.W. Asprey.** 1991. The Floc Camera Assembly. In: J.P.M. Syvitski (ed.), *Principles, Methods and Application of Particle Size Analysis.* Cambridge Univ. Press:209-221.
- Hein, F.J., and P.J. Mudie.** 1991. Glacial-Marine Sedimentation, Canadian Polar Margin, North of Axel Heiberg Island; Marine Geology. *Géographie Physique et Quaternaire 45(2):213-227.*
- Hequette, A., and M.H. Ruz.** 1991. Spit and Barrier Island Migration in the Southeastern Canadian Beaufort Sea. *J. Coast. Res. 7(3):677-698.*
- Hill, P.R., A. Hequette, M.H. Ruz, and K.A. Jenner.** 1991. Geological Investigations of the Canadian Beaufort Sea Coast. Geological Survey of Canada, Open File N° 02387:365 p.
- Jansa, L.F.** 1991. Lithostratigraphy 10: Carbonate Buildup Morphology. *Lithostratigraphie 10: Morphologie des Constructions Carbonatées.* In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:69.
- Jansa, L.F.** 1991. Processes Affecting Paleogeography, with Examples from the Tethys. *Paleogeography, Paleocceanography, Paleocology 87(1-4):345-372.*
- Jansa, L.F.** 1991. Regional Geology and Geophysics 9: Pre-Mesozoic Basement and Mesozoic Igneous Rock Occurrences. *Géologie et Géophysique Régionales 9: Socle Prémésozoïque et Roches Ignées du Mésozoïque.* In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:25.
- Jansa, L.F., and P.B. Lake.** 1991. Lithostratigraphy 8: Isopach Maps – Roseway Unit and Abenaki Formation. *Lithostratigraphie 8: Cartes Isopaques – Unité de Roseway et Formation d'Abenaki.* In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise; Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:65.
- Jansa, L.F., and P.B. Lake.** 1991. Lithostratigraphy 9: Lithofacies and Depositional Environment – Scatarie and Baccaro Members. *Lithostratigraphie 9: Lithofacies et Milieu de Sédimentation – Membre de Scatarie de Membre de Baccaro.* In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:67.
- Jenner, K.A., and S.M. Blasco.** 1991. Sedimentology. In: Geological, Geotechnical and Geophysical Studies along an Onshore-Offshore Transect of the Beaufort Shelf. Geological Survey of Canada, Open File N° 02408:32-49.
- Josenhans, H., L. Johnston, K. Jarrett, D. Smith, and J. Zevenhuizen.** 1991. Surficial Geological Investigations of the Gulf of St. Lawrence – Cruise Report: Hudson 90-028. Geological Survey of Canada, Open File N° 02394:209 p.
- Josenhans, H., J. Zevenhuizen, and J. Veillette.** 1991. Baseline Marine Geological Studies Off Grande Riviere de la Baleine and Petite Riviere de la Baleine, Southeastern Hudson Bay; Current Research, Part E. *Recherches en Cours, Partie E. Geological Survey of Canada, Paper N° 91-01E:347-354.*
- Josenhans, H.W., and B.L. Johnston.** 1991. Baffin 90-024 Cruise Report. Geological Survey of Canada, Open File N° 02393:36 p.
- Judge, J.T., and C.L. Amos.** 1991. Surficial Geology and Physical Properties 10: Potential Sand Transport. *Géologie des Formations en Surface et Propriétés Physiques 10: Transport Potentiel Sable.* In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:129.
- Kay, W., B.C. MacLean, and C.E. Keen.** 1991. Regional Geology and Geophysics 3: Nova Scotian Margin Crustal Transect. *Géologie et Géophysique Régionales 3: Transect de la Croute de la Marge Néo-Écossaise.* In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:13.
- Keen, C., W.A. Kay, D. Keppie, F. Marillier, G. Pe-Piper, and J.W.F. Waldron.** 1991. Deep Seismic Reflection Data from the Bay of Fundy and Gulf of Maine: Tectonic Implications for the Northern Appalachians. *Can. J. Earth Sci. 28(7):1096-1111.*
- Keen, C.E., B.C. MacLean, and W.A. Kay.** 1991. A Deep Seismic Reflection Profile Across the Nova Scotia Continental Margin, Offshore Eastern Canada. *Can. J. Earth Sci. 28(7):1112-1120.*
- Lambert, A., and D.R. Bower.** 1991. Constraints on the Usefulness of Gravimetry for Detecting Precursory Crustal Deformations; Earthquake Prediction. *Tectonics 193(4):369-375.*
- Leblanc, K.W.G., R.A. Fitzgerald, G.V. Winters, D.E. Buckley, and R.E. Cranston.** 1991. Geochemical Data from Analyses of Sediments and Pore Waters Obtained from Cores Collected in Halifax Inlet, F.R.V. *Navicula* Cruise 89-009. Geological Survey of Canada, Open File N° 02345:116 p.
- Loncarevic, B.D., and J.M. Woodside.** 1991. Multiparameter Surveys Offshore Nova Scotia in 1988 and 1989. In: Current Research, Part D, Eastern Canada and National and General Programs. Dans: *Recherches en Cours, Partie D, Est du Canada et Programmes Nationaux et Généraux.* Geological Survey of Canada, Paper N° 91-01D:157-167.
- MacLean, B., and G. Vilks.** 1991. Survey of Approaches to Fox Harbour (Port Burwell), Ungava Bay. Geological Survey of Canada, Open File N° 02346:3 p., 5 Maps; Geophysical, Bathymetric (1:12,000). Location, Track Lines (1:12,000).
- MacLean, B., G. Vilks, A. Aitken, V. Allen, W. Briggs, D. Bruneau, A. Doiron, M. Escamilla, I. Hardy, J. Miner, W. Mode., R. Powell, M. Retelle, J. Stravers, A. Taylor, and N. Weiner.** 1991. Investigations of the Quaternary Geology of Hudson Strait and Ungava Bay, Northwest Territories. In: Current Research, Part E. Dans: *Recherches en Cours, Partie E. Geological Survey of Canada, Paper N° 91-01E:305-315.*
- MacLean, B., G. Vilks, A. Aitken, H. Boudreau, W. Briggs, D. Bruneau, A. Doiron, D. Durham, I. Hardy, W. Mode., R. Powell, M. Retelle, J. Stravers, A. Taylor, and V. Allen.** 1991. Cruise Report – C.S.S. *Hudson* Cruise 90-023: Marine Geological Investigations in Hudson Strait, Ungava Bay, and Frobisher Bay. Geological Survey of Canada, Open File N° 02372:157 p.
- MacLean, B.C.** 1991. Introduction 4: Seismic Coverage. *Couverture Sismique.* In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:7.
- MacLean, B.C.** 1991. Seismic Expression 1: Cross-Sections A-A', B-B' and C-C'. *Signature Sismique 1: Coupes Transversales A-A', B-B' et C-C'.* In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:97.
- MacLean, B.C.** 1991. Seismic Expression 2: Cross-Sections D-D' and E-E'. *Signature Sismique 2: Coupes Transversales D-D' et E-E'.* In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des

- Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:99.
- MacLean, B.C.** 1991. Seismic Expression 3: Cross-Section F1-F2. Signature Sismique 3: Coupe Transversale F1-F2. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:101.
- MacLean, B.C.** 1991. Seismic Expression 4: Cross-Sections G-G' and H-H'. Signature Sismique 4: Coupes Transversales G-G' et H-H'. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:103.
- MacLean, B.C.** 1991. Structure and Isopach 1: Depth to Pre-Mesozoic Basement and Oceanic Layer 2. Structure et Isopaques 1: Profondeur Jusqu'au Socle Prémésozoïque et la Couche Océanique 2. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:75.
- MacLean, B.C.** 1991. Structure and Isopach 2: Depth to Scatarie Member and Oceanic Horizon J2. Structure et Isopaques 2: Profondeur Jusqu'au Membre de Scatarie et l'Horizon Océanique J2. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:77.
- MacLean, B.C.** 1991. Structure and Isopach 3: Depth to Top of Jurassic and Oceanic Horizon J1. Structure et Isopaques 3: Profondeur Jusqu'au Toit du Jurassique et l'Horizon Océanique J1. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:79.
- MacLean, B.C.** 1991. Structure and Isopach 4: Depth to "0" Marker and Oceanic Horizon B?. Structure et Isopaques 4: Profondeur Jusqu'au Repère "0" et l'Horizon Océanique B?. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:81.
- MacLean, B.C.** 1991. Structure and Isopach 5: Depth to Petrel Marker. Structure et Isopaques 5: Profondeur Jusqu'au Repère du Membre de Petrel. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:83.
- MacLean, B.C.** 1991. Structure and Isopach 6: Depth to Wyandot Formation and Oceanic Horizon A\*. Structure et Isopaques 6: Profondeur Jusqu'à la Formation de Wyandot et l'Horizon Océanique A\*. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:85.
- MacLean, B.C.** 1991. Structure and Isopach 7: Isopach Map of Top of Jurassic to Basement and Oceanic Horizon J1 to Layer 2. Structure et Isopaques 7: Carte Isopaque du Toit du Jurassique Jusqu'au Socle et l'Horizon Océanique J1 Jusqu'à la Couche 2. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:87.
- MacLean, B.C.** 1991. Structure and Isopach 8: Isopach Map of Top of Jurassic to Scatarie Member and Oceanic Horizons J1 to J2. Structure et Isopaques 8: Carte Isopaque du Toit du Jurassique Jusqu'au Membre de Scatarie et de l'Horizon Océanique J1 Jusqu'à l'Horizon Océanique J2. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:89.
- MacLean, B.C.** 1991. Structure and Isopach 9: Isopach Map of "0" Marker to Top of Jurassic and Oceanic Horizons B? to J1. Structure et Isopaques 9: Isopaque du Repère "0" Jusqu'au Toit du Jurassique et de l'Horizon Océanique J1. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:91.
- MacLean, B.C.** 1991. Structure and Isopach 10: Isopach Map of Petrel Marker to "0" Marker. Structure et Isopaques 10: Carte Isopaque, du Repère de Petrel Jusqu'au Repère "0". In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:93.
- MacLean, B.C.** 1991. Structure and Isopach 11: Isopach Map of Wyandot Formation to Petrel Marker. Structure et Isopaques 11: Carte Isopaque, de la Formation de Wyandot Jusqu'au Repère de Petrel. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:95.
- Marillier, F., M. Dentith, K. Michel, I. Reid, B. Roberts, J. Hall, C. Wright, K. Loudon, P. Morel-A-Lhussier, and C. Spencer.** 1991. Coincident Seismic-Wave Velocity and Reflectivity Properties of the Lower Crust beneath the Appalachian Front, West of Newfoundland. *Can. J. Earth Sci.* 28(1): 94-101.
- McCave, I.N., and J.P.M. Syvitski.** 1991. Principles and Methods of Geological Particle Size Analysis. In: J.P.M. Syvitski (ed.), Principles, Methods and Application of Particle Size Analysis. Cambridge Univ. Press:3-21.
- Michel, H.K., K.E. Loudon, F. Marillier, and I. Reid.** 1991. The Seismic Velocity Structure of Northern Appalachian Crust Around Western Newfoundland. *Can. J. Earth Sci.* 29:62-478.
- Middleton, G.V., B.D. Loncarevic, J. Chadam, A. Fowler, D. Goodings, G. Middleton, D. Roach, H. Shaw, and D. Turcotte.** 1991. Nonlinear Dynamics, Chaos and Fractals with Applications to Geological Systems. Short Course Notes, Geological Assoc. of Canada:235 p.
- Miller, R.D., G.B.J. Fader, and M. Douma.** 1991. Grand Bank – Digital Surficial Geology Maps. Geological Survey of Canada, Open File N° 02320, 14 Maps.
- Moran, K., C.L. Amos, and J. Zevenhuizen.** 1991. Surficial Geology and Physical Properties 14: Outer Shelf: Banquereau. Géologie des Formations en Surface et Propriétés Physiques 14: Plate-Forme Externe: Le Banquereau. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:137.
- Moran, K., and J. Zevenhuizen.** 1991. Surficial Geology and Physical Properties 7: Index and Zonation Map. Géologie des Formations en Surface et Propriétés Physiques 11: Carte Indice et Zonale. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:131.
- Moran, K., R.C. Courtney, L.A. Mayer, A.A. Miller, and J. Zevenhuizen.** 1991. Surficial

- Geology and Physical Properties 12: Central Shelf: Emerald Basin. Géologie des Formations en Surface et Propriétés Physiques 12: Plate-Forme Centrale: Bassin d'Émeraude. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:133.
- Moran, K., E. Jorden, J. Zevenhuizen, and S. McLaren.** 1991. Surficial Geology and Physical Properties 16: Outer Shelf: Sable Island Bank, Venture Field Région. Géologie des Formations en Surface et Propriétés Physiques 16: Plate-Forme Externe: Banc de l'Île de Sable, Région du Champ de Venture. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:141.
- Moran, K., E. Jorden, J. Zevenhuizen, H.A. Christian, and S. McLaren.** 1991. Surficial Geology and Physical Properties 15: Outer Shelf: Sable Island Bank. Géologie des Formations en Surface et Propriétés Physiques 15: Plate-Forme Externe: Banc de l'Île de Sable. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:139.
- Moran, K., J. Zevenhuizen, and I. Kulin.** 1991. Surficial Geology and Physical Properties 13: Central Shelf: Basin Comparison. Géologie des Formations en Surface et Propriétés Physiques 13: Plate-Forme Centrale: Comparaison des Bassins. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:135.
- Mosher, D.C., K. Moran, and J. Zevenhuizen.** 1991. Surficial Geology and Physical Properties 18: Slope: Verrill Canyon. Géologie des Formations en Surface et Propriétés Physiques 18: Talus: Canyon Verrill. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:145.
- Mukhopadhyay, P.K.** 1991. Evaluation of Organic Facies of the Verrill Canyon Formation Sable Subbasin: Scotian Shelf. Geological Survey of Canada, Open File N° 02435: 37 p.
- Murray, C.N., G. Demarsily, D.A. Stanners, R. Anderson, G. Huffret, V. Berhendt, J.Y. Boisson, L.H. Brush, D.E. Buckley et al.** 1991. The Feasibility of Disposal of High-Level Radioactive Wastes into the Seabed. Radioactive Waste Management and the Nuclear Fuel Cycle 15(2,3):77-98.
- Nelson, B., D. Hardwick, D.A. Forsyth, D. Marcotte, D. Teskey, M. MacPherson, M. Bower, and R. Macnab.** 1991. Preliminary Report of Data Acquisition and Processing for the 1989-1990 Lincoln Sea Aeromagnetic Survey. Geological Survey of Canada, Open File N° 02296:34 p.
- Normark, W.R., and D.J.W. Piper.** 1991. Turbidity Current Processes. In: Leslie B. Magoon (ed.), The Petroleum System: Status of Research and Methods 1992. U.S. Geol. Survey, Bull. N° 2007:22-31.
- Orford, J.D., R.W.G. Carter, and D.L. Forbes.** 1991. Gravel-Barrier Migration and Sea-Level Rise: Some Observations from Story Head, Nova Scotia. J. Coast. Res. 7(2): 477-488.
- Pe-Piper, G, and D.J.W. Piper.** 1991. Early Mesozoic Oceanic Subduction-Related Volcanic Rocks, Pindos Basin, Greece. Tectonophysics 192(3/4):273-292.
- Piper, D.J.W.** 1991. Surficial Geology and Physical Properties 6: Deep-Water Surficial Geology. Géologie des Formations en Surface et Propriétés Physiques 6: Géologie des Formations en Surface en Eau Profonde. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:121.
- Piper, D.J.W.** 1991. Surficial Geology and Physical Properties 7: Paleo-Oceanography and Paleo-Glaciology. Géologie des Formations en Surface et Propriétés Physiques 7: Paléo-Océanographie et Paléo-Glaciologie. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:123.
- Piper, D.J.W., and S.D. Fehr.** 1991. Radiocarbon Chronology of Late Quaternary Sections on the Inner and Middle Scotian Shelf, South of Nova Scotia. In: Current Research, Part E. Dans: Recherches en Cours, Partie E. Geological Survey of Canada, Paper N° 91-01E:321-325.
- Piper, D.J.W., and C. Perissoratis.** 1991. Late Quaternary Sedimentation on the North Aegean Continental Margin, Greece. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull. 75(1):46-61.
- Piper, D.J.W., L. Stamatopoulos, G. Poulimenos, T. Doutsos, and N. Kontopoulos.** 1991. Quaternary History of the Gulfs of Patras and Corinth. Zeitschrift für Geomorphologie 34:451-458.
- Piper, D.J.W., and D.A.V. Stow.** 1991. Fine-Grained Turbidites. In: G. Einsele, A. Seilacher, and A. Rucken (eds.), Sequence and Event Stratigraphy. Springer Verlag: 360-376.
- Praeg, D.B., and J.P.M. Syvitski.** 1991. Marine Geology of Saguenay Fjord. Geological Survey of Canada, Open File N° 02395: 14 p.
- Reid, I.** 1991. Effects of Lithospheric Flow on the Formation and Evolution of a Transform Margin. Earth Planet. Sci. Lett. 95(1-2): 38-52.
- Roest, W.R., and S.P. Srivastava.** 1991. Iberian Plate Kinematics: Results from High Density Seafloor Spreading Magnetic Data. Geology 19:613-616.
- Sanford, B.V., G.B.J. Fader, and P.N. Moir.** 1991. Regional Geology and Geophysics 8: Bedrock Geology. Géologie et Géophysique Régionales 8: Géologie du Substratum Rocheux. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:23.
- Savoie, B., and D.J.W. Piper.** 1991. The Messinian Event on the Margin of the Mediterranean Sea in the Nice Area, Southern France. Mar. Geol. 97(3/4):279-304.
- Schafer, C.T., and E.S. Collins.** 1991. Relationship of Foraminifera and the Camoebian Distributions to Polluted Sediments Near the Head of the Saguenay Fjord. Mar. Micropaleontology 17:255-283.
- Shaw, J.** 1991. Quaternary Sediments and Seabed Conditions Offshore from La Scie, Newfoundland. Geological Survey of Canada, Open File N° 02385:9 p., 2 Maps; Geological, Sediment Thickness (1:25,000). Geophysical, Sidescan Sonar Surveys (1:25,000).
- Shaw, J., D.E. Beaver, and B. Wile.** 1991. Marine Geological Surveys in Northeast Newfoundland Coastal Waters: Hamilton Sound, Baie Verte, La Scie, Halls Bay, Little Bay, Sunday Cove Island (Cruise Report 90-035). Geological Survey of Canada, Open File N° 02333:110 p., 6 Maps; Location, Tracks and Samples (1:40,000). Location, Tracks and Samples (1:25,000). Location, Tracks and Samples (1:25,000). Location, Tracks and Samples (1:37,400). Location, Tracks and Samples (1:24,400). Location, Tracks and Samples (1:24,500).
- Shih, K.G., R. Macnab, S.D. Dods, and J. Woodside.** 1991. Regional Geology and Geophysics 1: Magnetic Anomaly. Géologie et Géophysique Régionales: Anomalie Magnétique. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:9.
- Shih, K.G., R. Macnab, R.K. McConnell, D.B. Hearth, J.F. Halpenny, and J. Woodside.** 1991. Regional Geology and Geophysics 2: Gravity Anomaly. Géologie et Géophysique



- Régionales 2: Anomalie Gravimétrique. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:11.
- Skene, K.I., D.J.W. Piper, and R.A. Armstrong.** 1991. Clay Sized Mineralogy of Core 87-008-003 from the J-Anomaly Ridge and from Comparison Cores along the Eastern Canadian Continental Margin. Geological Survey of Canada, Open File N° 02424:59 p.
- Srivastava, S.P., S. Levesque, W.R. Roest, and J. Verhoef.** 1991. Regional Geology and Geophysics 5: Plate Reconstructions, Bathymetry. Géologie et Géophysique Régionales 5: Reconstitutions des Plaques Lithosphériques, Bathymétrie. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:17.
- Srivastava, S.P., S. Levesque, W.R. Roest, and J. Verhoef.** 1991. Regional Geology and Geophysics 6: Plate Reconstructions, Gravity and Magnetic Anomalies. Géologie et Géophysique Régionales 5: Reconstitutions des Plaques Lithosphériques, Anomalies Gravimétriques et Magnétiques. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:19.
- Srivastava, S.P., S. Levesque, W.R. Roest, and J. Verhoef.** 1991. Regional Geology and Geophysics 7: Plate Reconstructions, Bathymetry, Blake Spur Magnetic Anomaly. Géologie et Géophysique Régionales 7: Reconstitutions des Plaques Lithosphériques, Bathymétrie, Anomalie Magnétique de l'Éperon Blake. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:21.
- Steeves, G., and C. Schafer.** 1991. Mosaic Photography from a ROV Platform: Hardware and Operational Experience. Proc.: "Intervention 91" Conf., Hollywood, FL: 203-211.
- Stravers, J.A., and J.P.M. Syvitski.** 1991. Land-Sea Correlations and Evolution of the Cambridge Fiord Marine Basin during the Last Deglaciation of Northern Baffin Island. Quaternary Res. 35(1):72-90.
- Stravers, J.A., J.P.M. Syvitski, and D.B. Praeg.** 1991. Application of Size Frequency Data to Glacial-Paraglacial Sediment Transport and Sediment Partitioning. In: J.P.M. Syvitski (ed.), Principles, Methods and Application of Particle Size Analysis. Cambridge Univ. Press:293-310.
- Syvitski, J., K.W. Asprey, and D.A. Clattenburg.** 1991. Principles, Design and Calibration of Settling Tubes. In: J.P.M. Syvitski (ed.), Principles, Methods and Application of Particle Size Analysis. Cambridge Univ. Press:45-63.
- Syvitski, J.P.M.** 1991. Factor Analysis of Size Frequency Distributions: Significance of Factor Solutions Based on Simulation Experiments. In: J.P.M. Syvitski (ed.), Principles, Methods and Application of Particle Size Analysis. Cambridge Univ. Press:249-263.
- Syvitski, J.P.M. (ed.)** 1991. Principles, Methods and Application of Particle Size Analysis. Cambridge Univ. Press:362 p.
- Syvitski, J.P.M.** 1991. Towards an Understanding of Sediment Deposition on Glaciated Continental Shelves: Sequence Stratigraphy. Cont. Shelf Res. 11(8-10):897-937.
- Syvitski, J.P.M., and F.J. Hein.** 1991. Sedimentology of an Arctic Basin: Itirbilung Fiord, Baffin Island, Northwest Territories. Geological Survey of Canada, Paper N° 91-11:66 p.
- Taylor, G.C., M. Best, G.R. Campbell, J.P. Hea, D. Henoa, and R.M. Proctor.** 1991. Petroleum Resources of the Jeanne d'Arc Basin, Grand Banks of Newfoundland. Ressources Pétrolières du Bassin de Jeanne d'Arc, Grands Bancs de Terre-Neuve. Geological Survey of Canada, Open File N° 02150:27 p.
- Taylor, R.B., D.L. Forbes, and J. Shaw.** 1991. Surficial Geology and Physical Properties 9: Coastal Geology, Case Studies. Géologie des Formations en Surface et Propriétés Physiques 9: Géologie Côtière, Études de Cas. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:127.
- Taylor, R.B., D.L. Forbes, and J. Shaw.** 1991. Surficial Geology and Physical Properties 8: Coastal Geology. Géologie des Formations en Surface et Propriétés Physiques 8: Géologie Côtière. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:125.
- Taylor, R.B., and D. Hodgson.** 1991. Coastal Studies in the Canadian Arctic Archipelago, Brock, Devon, Prince Patrick and the Polynia Islands, N.W.T. Geological Survey of Canada, Open File N° 02380:57 p.
- Tee, K.T., and C.L. Amos.** 1991. Tidal and Bouyancy Driven Currents in Chignecto Bay, Bay of Fundy. J. Geophys. Res. 96(C8):15: 197-216.
- Thibaudeau, S., and R. Currie.** 1991. Cruise Report CSS Hudson Cruise 90031. Geological Survey of Canada, Open File N° 02426:153 p.
- Thomas, F.C.** 1991. Paleoecology of Late Eocene-Oligocene Foraminiferal Assemblages in a Two-Well Transect Across the North-East Newfoundland Shelf. J. Micro-palaeontol. 10(1):57-67.
- Verhoef J., and H.R. Jackson.** 1991. Admittance Signatures of Rifted and Transform Margins: Examples from Eastern Canada. Geophys. J. 105:229-239.
- Verhoef J., B.J. Collette, J.J. Danobeitia, H. Roeser, and W.R. Roest.** 1991. Magnetic Anomalies off West-Africa (20-38° N). Mar. Geophys. Res. 13:81-103.
- Wade, J.A.** 1991. Lithostratigraphy 1: Southwest-Northeast Strike Section. Lithostratigraphie 1: Coupe Sud-Ouest à Nord-Est. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:51.
- Wade, J.A.** 1991. Lithostratigraphy 2: North-South Dip Section. Lithostratigraphie 2: Coupe Indlinee Nord-Sud. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:53.
- Wade, J.A.** 1991. Lithostratigraphy 3: Pre-Mesozoic Basement, and Mohican Formation and Equivalents. Lithostratigraphie 3: Socle Prémésozoïque et la Formation de Mohican et Équivalents. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:55.
- Wade, J.A.** 1991. Lithostratigraphy 4: Micmac and Abenaki Formations. Lithostratigraphie 4: Formation de Micmac et Formation d'Abenaki. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:57.
- Wade, J.A.** 1991. Lithostratigraphy 5: Missisauga Formation. Lithostratigraphie 5: Formation de Missisauga. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:59.
- Wade, J.A.** 1991. Lithostratigraphy 6: Logan Canyon Formation. Lithostratigraphie 6: Formation de Logan Canyon. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série

- des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:61.
- Wade, J.A.** 1991. Lithostratigraphy 7: Dawson Canyon and Wyandot Formations. Lithostratigraphie 7: Formation de Dawson Canyon Formation de Wyandot. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:63.
- Wade, J.A.** 1991. Lithostratigraphy 11: Overpressure 1. Lithostratigraphie 11: Surpression 1. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:71.
- Wade, J.A.** 1991. Lithostratigraphy 12: Overpressure 2. Lithostratigraphie 12: Surpression 2. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:73.
- Wade, J.A.** 1991. Oil and Gas Occurrences and Geochemistry. Gisements de Pétrole et de Gaz et Géochimie. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:109.
- Wade, J.A.,** and P.N. Moir. 1991. Introduction 3: Well Locations. Emplacements des Puits. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:5.
- Williams, G.L.,** P. Ascoli, M.S. Barss, J.P. Bujak, E. Davies, C.L. Amos, K.T. Tee, and B.A. Tuin. 1991. The Vast-Glacial Evolution of Chignecto Bay, Bay of Fundy and its Modern Environment of Deposition. In: Tidal Clastic Sedimentology. Can. Soc. Petroleum Geologists Memoir 16:59-90.
- Williams, G.L.,** P. Ascoli, M.S. Barss, J.P. Bujak, E. Davies, R.A. Fensome, and M.A. Williamson. 1990. Chap. 3: Biostratigraphie et Études Connexes. In: Géologie de la Marge Continentale de l'Est du Canada. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:91-144.
- Williams, G.L.,** P. Ascoli, M.S. Barss, J.P. Bujak, E. Davies, R.A. Fensome, and M.A. Williamson. 1990. Chap. 3: Biostratigraphy and Related Studies. In: Geology of the Continental Margin of Eastern Canada. Geological Survey of Canada, Geology of Canada Series N° 00002:87-138.
- Winters, G.V.,** D.E. Buckley, R.A. Fitzgerald, and K.W.G. Leblanc. 1991. Organic Geochemical Data for Surface Sediments from Halifax Inlet. Geological Survey of Canada, Open File N° 02389:65 p.
- Zarkhidze, V.S.,** R.J. Fulton, P.J. Mudie, D.J.W. Piper, E.E. Musatov, G.D. Naryshkin, and D.S. Yashin. (Compilers) 1991. Circumpolar Map of Quaternary Deposits of the Arctic. Geological Survey of Canada, Map 1818A, Scale 1:6,000,000.
- Zevenhuizen, J.,** and H. Josenhans. 1990. Digital Maps of Surficial Geology of Hudson Bay. Geological Survey of Canada, Open File N° 02215, 5 Maps; Location, Sample Location (1:2,000,000). Surficial Geology, Lithology (1:2,000,000). Physiographic, Seafloor Relief (1:2,000,000).
- Zevenhuizen, J.,** and K. Moran. 1991. Surficial Geology and Physical Properties 17: Outer Shelf: Georges Bank. Géologie des Formations en Surface et Propriétés Physiques 17: Plate-Forme Externe: Banc de Georges. In: East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Dans: Série des Atlas des Bassins de la Côte Est: Plate-Forme Néo-Écossaise. Atlantic Geoscience Centre, Centre Géoscientifique de l'Atlantique, Geological Survey of Canada, Commission Géologique du Canada:143.
- Zonenshain, L.P.,** J. Verhoef, R. Macnab, and H. Meyers. 1991. Magnetic Imprints of Continental Accretion in U.S.S.R. EOS 72(29):305, 310.

## ENVIRONNEMENT CANADA

## DIVISION DE LA CONSERVATION DE LA FAUNE MARINE

## 1990 et 1991

- Brown, R.G.B.** 1991. The natural history of oil spills. In: J. White (ed.), Effects of Oil on Wildlife: Research, Rehabilitation and General Concerns. Sheridan Press, Hanover, PA:121-124.
- Furness, R.W.,** and D.N. Nettleship. 1991. Introductory remarks: seabirds as monitors of changing marine environments. Internat. Ornithol. Cong. 20: 2239-2240.
- Furness, R.W.,** and D.N. Nettleship (eds.). 1991. Seabirds as monitors of changing marine environments. Internat. Ornithol. Cong. 20:2237-2279.
- Kerekes, J.** 1990. Possible correlation of common loon population with the trophic state of a water body. Internat. Ver. Limnol. Verh. 24:349-353.
- Kerekes, J.** 1990. Western Brook Pond. In: T. Kira (ed.), Data Book of World Lake Environments. Vol. 3. A survey of the state of world lakes. Int. Lake Environment Com. (ILEC) & UNEP. Otsu, Japan:NAM-1-10.
- Kerekes, J.,** A. Blouin, and S. Beauchamp. 1990. Trophic response to phosphorus in acidic and non-acidic lakes in Nova Scotia, Canada. Hydrobiol. 191:105-110.
- Nettleship, D.N.** 1990. CWS-SCR "Access to Seabird Colony Data". CWS "Studies on northern seabirds" Report N° 245:1-8.
- Nettleship, D.N.** 1990. Are counts of standing adult Atlantic Puffins useful for assessing population status? Colonial Waterbird Society Newsletter 14:22.
- Nettleship, D.N.** 1990. Book review of "Newfoundland birds: exploitation, study, conservation" by W.A. Montevecchi and L.M. Tuck. Ibis 132:137-138.
- Nettleship, D.N.** 1991. The diet of Atlantic Puffin chicks in Newfoundland before and after the initiation of an international capelin fishery, 1967-1984. Internat. Ornithol. Cong. 20:2263-2271.
- Nettleship, D.N.** 1991. Guest Editorial: Seabird management and future research. Colonial Waterbirds 14:77-84.
- Nettleship, D.N.** 1991. Report of the Standing Committee for the Coordination of Seabird Research. Internat. Ornithol. Cong. 20:87-90.
- Nettleship, D.N.** 1990. Seabirds on islands: threats, case studies, and action plans. Int. Council for Bird Preservation World Conf. Seabird Workshop, Hamilton, New Zealand:65 p.
- Nettleship, D.N.,** J.W. Chardine, E.P. Huyck, and W.W. Lidster. 1990. Field investigation of seabirds at Prince Leopold Island, Lancaster Sound, Northwest Territories, 1988. Canadian Wildlife Service Technical Report Series N° 97:1-84.
- Nettleship, D.N.,** and G.N. Glenn. 1991.

CWS Seabird Colony Registry Progress Report Input Specifications for a Seabird Colony Database: July 1991. CWS "Studies on northern seabirds" Manuscript Report, Dartmouth, N.S.:48 p.

**Piatt, J.F., H.R. Carter, and D.N. Nettleship.** 1991. Effects of oil pollution on marine bird populations. In: J. White (ed.), *The Effects of Oil on Wildlife: Research, Rehabilitation, and General Concerns*. Sheridan Press, Hanover, PA:125-141.

## LABORATOIRE RÉGIONAL DE L'ATLANTIQUE (PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT)

### 1990

**Ernst, W.R., and K.G. Doe.** 1990. A comparison of the aquatic toxicity of fenitrothion flowable and fenitrothion liquid technical formulations. *Water Pollut. Res. J. Can.* 24(4):553-568.

**Richard, B.J., G.R. Long, and J.R. Machell.** 1990. Reappraisal Report, New Brunswick Shellfish Area Sector 3-010, Baie de Caraquet to Bas Caraquet. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-90-#1.

**Richard, B.J., G.R. Long, and J.R. Machell.** 1990. Reappraisal Report, New Brunswick Shellfish Area Sector 3-020, Pokesudie Island, Baie St-Simon & Shippegan Harbour. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-90-#2.

**Richard, B.J., G.R. Long, and J.R. Machell.** 1990. Reappraisal Report, New Brunswick Shellfish Area Sector 3-030, Île Lameque and Miscou Harbour. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-90-#3.

**Richard, B.J., G.R. Long, and J.R. Machell.** 1990. Reappraisal Report, New Brunswick Shellfish Area Sector 3-040, Baie de Petit-Pokemouche and Rivière & Baie de Pokemouche. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-90-#4.

**Richard, B.J., G.R. Long, and J.R. Machell.** 1990. Sanitary and Water Quality Survey, New Brunswick Shellfish Area Sector 3-030-003, Grande Batture. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-90-#3.

**Samant, H.S., K.G. Doe, and O.C. Vaidya.** 1990. An integrated chemical and biological study of the bioavailability of metals in sediments from two contaminated harbours in New Brunswick, Canada. *Sci. of the Total Environ.* 96:253-268.

### 1991

**Ernst, W.R., K. Doe, P. Jonah, J. Young, G. Julien, and P. Hennigar.** 1991. The toxicity of chlorothalonil to aquatic fauna and the impact of its operational use on a pond ecosystem. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 21:1-9.

**Ernst, W.R., P. Jonah, K. Doe, G. Julien, and P. Hennigar.** 1991. Toxicity to aquatic

organisms of off-target deposition of endosulfan applied by aircraft. *Environ. Toxicol. Chem.* 10:103-114.

**Ernst, W., G. Julien, and P. Hennigar.** 1991. Contamination of ponds by fenitrothion during forest spraying. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 46:815-821.

**Jonczyk, E., K.G. Doe, P.G. Wells, and S.G. Yee.** 1991. Technical evaluation of the sea urchin fertilization test: proceedings of a workshop in Dartmouth, Nova Scotia. In: P. Chapman, F. Bishay, E. Power, K. Hall, L. Harding, D. McLeay, M. Nassichuk, and W. Knapp (eds.), *Proc. 17th Annual Aquatic Toxicity Workshop*, Nov. 5-7, 1990, Vancouver, B.C. Vol. 1. Fisheries and Oceans Canada. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1(1774):323-330.

**Parker, W.R., K.G. Doe, and P.G. Wells.** 1991. Application of marine biological tests in assessing and controlling the acute and chronic toxicities of effluents. In: P. Chapman, F. Bishay, E. Power, K. Hall, L. Harding, D. McLeay, M. Nassichuk, and W. Knapp (eds.), *Proc. 17th Annual Aquatic Toxicity Workshop*, Nov. 5-7, 1990, Vancouver, B.C. Vol. 1. Fisheries and Oceans Canada. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1(1774):135-151.

**Richard, B.J., G.R. Long, and J.R. Machell.** 1991. Reappraisal Report, New Brunswick Shellfish Area Sector 3-010-003, Bas Caraquet. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-91-1.

**Richard, B.J., G.R. Long, and J.R. Machell.** 1991. Reappraisal Report, New Brunswick Shellfish Area Sector 3-020-001, Pokesudie Island. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-91-2.

**Richard, B.J., G.R. Long, and J.R. Machell.** 1991. Reappraisal Report, New Brunswick Shellfish Area Sector 3-020-003, Baie Brule. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-91-3.

**Richard, B.J., G.R. Long, and J.R. Machell.** 1991. Reappraisal Report, New Brunswick Shellfish Area Sector 3-030-002, Baie de Petite Lameque. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-91-4.

**Richard, B.J., G.R. Long, and J.R. Machell.** 1991. Reappraisal Report, New Brunswick Shellfish Area Sector 3-030-003, Grande Batture. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-91-5.

**Richard, B.J., G.R. Long, and J.R. Machell.** 1991. Reappraisal Report, New Brunswick Shellfish Area Sector 4-010-001, Tabusintac Bay and River. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-91-6.

**Richard, B.J., G.R. Long, and J.R. Machell.** 1991. Reappraisal Report, New Brunswick Shellfish Area Sector 4-020-001, Neguac Bay. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-91-7.

**Richard, B.J., G.R. Long, and J.R. Machell.** 1991. Reappraisal Report, New Brunswick

Shellfish Area Sector 4-020-002, Burnt Church. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-91-8.

**Richard, B.J., G.R. Long, and C.G. Roberts.** 1991. Reappraisal Report, New Brunswick Shellfish Area Sector 04-030-001 & 002, Miramichi River Estuary. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-91-9.

**Richard, B.J., G.R. Long, and J.R. Machell.** 1991. Reappraisal Report, New Brunswick Shellfish Area Sector 4-040-001, Bay du Vin. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-91-10.

**Richard, B.J., G.R. Long, and J.R. Machell.** 1991. Reappraisal Report, New Brunswick Shellfish Area Sector 4-040-002, Bay du Vin, Egg and Fox Islands. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-91-11.

**Richard, B.J., G.R. Long, and J.R. Machell.** 1991. Reappraisal Report, New Brunswick Shellfish Area Sector 4-040-003, Baie Ste-Anne. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-91-12.

**Richard, B.J., G.R. Long, and J.R. Machell.** 1991. Reappraisal Report, New Brunswick Shellfish Area Sector 4-040-004, Escuminac. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-91-13.

**Richard, B.J., and D.B. Walter.** 1991. Appraisal Report, Nova Scotia Shellfish Growing Area Sector 4-020-003, Tracadie West Arm. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-91-16.

**Richard, B.J., and D.B. Walter.** 1991. Reappraisal Report, Nova Scotia Shellfish Growing Area Sector 6-010-001, North Harbour. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-91-18.

**Richard, B.J., and D.B. Walter.** 1991. Reappraisal Report, Nova Scotia Shellfish Growing Area Sector 6-010-002, South Harbour. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-91-19.

**Richard, B.J., and D.B. Walter.** 1991. Reappraisal Report, Nova Scotia Shellfish Growing Area Sector 7-010-003, Great Bras D'Or (Middle). Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-91-20.

**Richard, B.J., and D.B. Walter.** 1991. Reappraisal Report, Nova Scotia Shellfish Growing Area Sector 7-010-004, Great Bras D'Or (West). Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-91-21.

**Richard, B.J., and D.B. Walter.** 1991. Reappraisal Report, Nova Scotia Shellfish Growing Area Sector 7-010-005, Baddeck Bay & St. Patrick's Channel (East). Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-91-22.

**Richard, B.J., and D.B. Walter.** 1991. Reappraisal Report, Nova Scotia Shellfish

Growing Area Sector 7-010-006, Nyanza Bay & St. Patrick's Channel. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-91-23.

**Richard, B.J., and D.B. Walter.** 1991. Reappraisal Report, Nova Scotia Shellfish Growing Area Sector 7-010-007, Little Narrows. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-91-24.

**Richard, B.J., and D.B. Walter.** 1991. Reappraisal Report, Nova Scotia Shellfish Growing Area Sector 7-010-008, Wycocomagh Bay. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region.

EP-AR-91-25.

**Richard, B.J., and D.B. Walter.** 1991. Appraisal Report, Nova Scotia Shellfish Growing Area Sector 7-020-013, Malagawatch Harbour. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-91-26.

**Richard, B.J., and D.B. Walter.** 1991. Reappraisal Report, Nova Scotia Shellfish Growing Area Sector 7-040-005, Eskasoni. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-91-27.

**Rutherford, L.A., P.A. Hennigar, and W.H. Horne.** 1991. Soil Contamination at Eleven

Wood Protection Facilities in the Atlantic Region in 1989. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-91-5.

**Tay, K.L., K.G. Doe, S.J. Wade, J.D.A. Vaughan, R.E. Berrigan, and M.J. Moore.** 1991. Biological effects of contaminants in Halifax Harbour sediments. In: P. Chapman, F. Bishay, E. Power, K. Hall, L. Harding, D. McLeay, M. Nassichuk, and W. Knapp (eds.), Proc. 17th Annual Aquatic Toxicity Workshop, Nov. 5-7, 1990, Vancouver, B.C. Vol. 1. Fisheries and Oceans Canada. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1(1774):383-426.

---