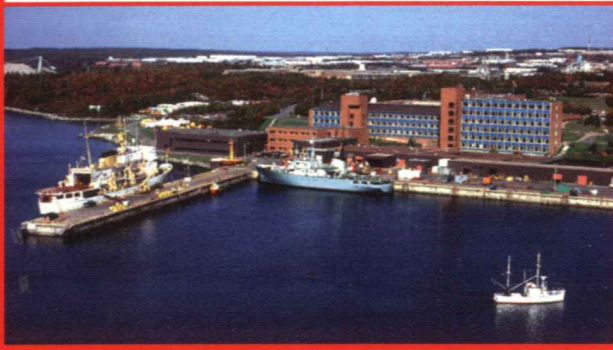


# Revue des Sciences 1994 &'95



Institut océanographique de Bedford



Centre des pêches du Golfe



Laboratoire de recherche halieutique de Halifax



Station biologique de St. Andrews

Canada

Revue des sciences 1994 et 1995  
de  
l'Institut océanographique de Bedford,  
du Laboratoire de recherche halieutique de Halifax  
et de la Station de biologie de St. Andrews

Publication du :  
Ministère des pêches et des  
Océans  
Région des Maritimes  
1996

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

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

Bibliothèque  
Ministère des Pêches et des Océans  
Institut océanographique de Bedford  
C.P. 1006  
Dartmouth (N.-É.)  
Canada B2Y 4A2

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

Rédactrice : Anna Fiander, Bibliothèque, IOB  
Maquette, mise en page et assemblage électroniques :  
Francis Kelly, Technographie, IOB  
Photographies : auteurs et Technographie de l'IOB  
Imprimeur : McCurdy Printing Limited

La Revue ses sciences 1994 et 1995 a été produite à l'aide de:  
Power Macintosh 8100/80 et 7600/132 computers  
Macromedia Freehand  
Aldus Pagemaker  
Adobe Photoshop

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

# Table des matières

## Recherche

Revue de 1994 et 1995 <i>J.A. Elliott, J.S. Loch, K.D. McAlpine et H.B. Nicholls</i>	1
Série d'atlas sur l'histologie de la morue franche <i>C.M. Morrison</i>	11
Profilage de la couche de surface océanique par instruments remorqués <i>J.-G. Dessureault et R.A. Clarke</i>	15
De nouveaux outils au service de la science <i>D.F. Dinn, M.B. Chin-Yee, G.D. Steeves</i>	20
Les plaques tectoniques divergentes : l'histoire sous-jacente <i>R.R. Boutilier et C.E. Keen</i>	24
Interactions entre l'environnement et la mariculture du saumon atlantique <i>B.T. Hargrave, G. Bugden, P. Keizer, T. Milligan, W. Silvert, P. Strain et D. Wildish</i>	31
L'état des stocks de saumon atlantique dans les Maritimes <i>G.J. Chaput</i>	35
Variabilité du climat océanique sur la plate-forme néo-écossaise et dans le golfe du Maine <i>B. Petrie, K. Drinkwater, G. Han, C. Hannah, J.W. Loder et P. Smith</i>	39
Concentrations d'organochlorés dans la chaîne alimentaire marine du sud du golfe Saint-Laurent <i>G. Harding, P. Vass et B. Hargrave</i>	45
Évolution des dinoflagellés et variation de leur diversité avec le temps <i>R.A. Fensome, R.A. MacRae et G.L. Williams</i>	49
Les phycotoxines : physiologie et production <i>J.E. Stewart et D.V. Subba Rao</i>	55
Les SVCEI : le passé, le présent et le futur <i>S.T. Grant et J. Goodyear</i>	61
Conception d'une base de données pour le Service hydrographique du Canada au moyen de la technologie CASE <i>C.E. Day et H.P. Varma</i>	66
Prospection sismique et gisements de sulfures massifs <i>M. Salisbury, D. Eaton, W. Bleeker et B. Milkereit</i>	68
Recherche sur le bar rayé et l'anguille d'Amérique <i>R.H. Peterson, D.J. Martin-Robichaud et P. Harmon</i>	73

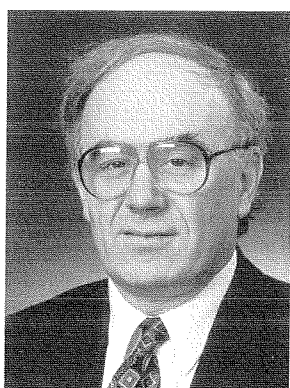
La co-gestion des plantes marines dans la région de l'Atlantique G. Sharp, R. Semple et D. Jones	77
De nouvelles technologies pour la cartographie des zones littorales D.F. Dinn, G. Henderson, R. Courtney et J. Bradford	81
Essais de valorisation de la mye dans la baie de Fundy S.M.C. Robinson	86
Colloïdes, carbone et contaminants dans les eaux côtières P.E. Kepkay, S.E.H. Niven	91
Contributions de la géoscience marine à la gestion intégrée des zones côtières D.B. Prior, R.A. Pickrill	94
<b>Organisation et personnel</b>	103
<b>Travaux de recherche</b>	104
<b>Missions des navires</b>	116
<b>Cartes et publications</b>	125

## Revue de 1994 et 1995

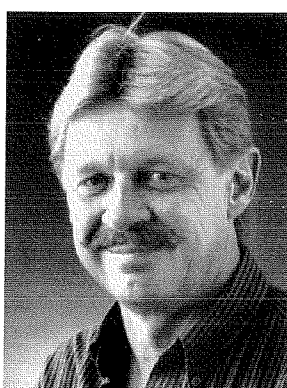
J.A. Elliott, J.S. Loch, K.D. McAlpine<sup>1</sup>, and H.B. Nicholls



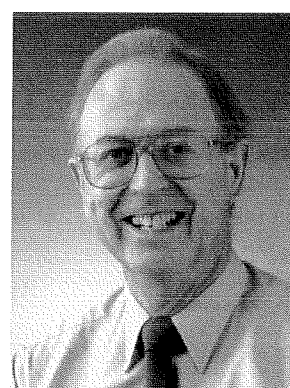
J.A. Elliott



J.S. Loch



K.D. McAlpine



H.B. Nicholls

Les années 1994 et 1995 ont été une période de profonds remaniements dans l'organisation et le financement des programmes de recherche et de levés menés à l'Institut océanographique de Bedford (IOB), au Laboratoire de recherche halieutique de Halifax (LRHH) et à la Station de biologie de St. Andrews (SBSA). Ces remaniements s'inscrivaient dans le vaste examen de programmes lancé par le gouvernement fédéral du Canada. De plus, l'intégration de la Garde côtière canadienne (GCC) au ministère des Pêches et des Océans (MPO), le 1er avril 1995, a provoqué d'autres modifications, notamment la décision de joindre la Région Scotia-Fundy et la Région du Golfe du MPO en un seul organisme, la Région des Maritimes. Au ministère des Ressources naturelles a eu lieu une grande rationalisation des programmes, et le Centre géoscientifique de l'Atlantique est devenu la Commission géologique du Canada (Atlantique). À Environnement Canada, on a décidé de transférer la Division de la conservation de la faune marine et le Laboratoire de la qualité de l'environnement, qui se trouvaient à l'IOB, vers d'autres établissements.

En ce qui concerne la discussion des programmes et réalisations du MPO dans la présente Revue des sciences, les activités

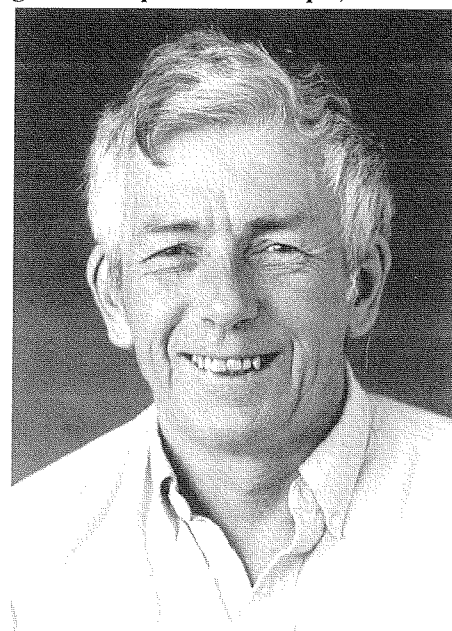
de l'équipe du Centre des pêches du Golfe, à Moncton (Nouveau-Brunswick), ne sont que partiellement présentées ici, du fait que la nouvelle Région des Maritimes du MPO a été créée seulement dans la dernière partie de la période visée.

### Personnel

Un nombre de changements importants sont survenus dans les laboratoires au cours de la période 1994-1995. En janvier 1995, M. Steven B. MacPhee, directeur régional des Sciences, MPO, Région Scotia-Fundy, a été muté à l'administration centrale du MPO, à Ottawa, pour assumer les fonctions de directeur général du Service hydrographique du Canada. Il a été remplacé, à titre intérimaire, par Dr James A. Elliott, directeur, Sciences physiques et chimiques. En 1995, John S. Loch, directeur régional des Sciences, MPO, Région du Golfe, est devenu directeur régional des Sciences pour la Région Scotia-Fundy; il devait entrer en fonction le 1er avril 1996. Il a par la suite été nommé directeur régional des Sciences de la nouvelle Région des Maritimes. Au sein du MPO, à la fin de la présente période, c'est-à-dire au 31 décembre 1995, on était en phase de transition; les lecteurs sont invités à consulter l'annexe « Organisation et personnel » qui présente la situation au 1er

avril 1996, date à laquelle la nouvelle structure était en place. Parmi les changements survenus au MPO, il faut noter la disparition des unités que constituait la Direction des sciences biologiques et la Direction des sciences physiques et chimiques par suite d'un processus de « déstratification ».

### Michael Keen, directeur, Centre géoscientifique de l'Atlantique, 1977-1988



<sup>1</sup> Il faut noter que D<sup>r</sup> D.B. Prior était directeur de la Commission géologique du Canada (Atlantique) pendant la période visée, mais qu'il a donné sa démission en 1996 pour occuper un poste à l'Université Texas A & M; il a été remplacé à titre intérimaire par D<sup>r</sup> K.D. McAlpine.

La famille, les amis et les anciens collègues du Dr Michael Keen se sont réunis le mardi 11 janvier 1994 à l'Institut océanographique de Bedford. Au cours d'une brève cérémonie, ils ont rendu hommage à un grand chercheur dont la carrière a été bien remplie, et fêté le baptême officiel du canyon Michael Keen. Cette entité sous-marine coupe le rebord du plateau continental à l'est du Grand Banc de Terre-Neuve, à l'extrémité sud du chenal du Bonnet flamand, entre le dôme Beothuk et le Bonnet flamand. Long d'environ 50 kilomètres, il a une profondeur de 1 000 mètres au nord et de 3 200 mètres au sud, et, en coupe, sa forme est comparable à celle du Grand Canyon en son point le plus profond.

### Prix et récompenses

Plusieurs membres des laboratoires ont reçu des prix ou récompenses :

- Dr Ken Mann, scientifique émérite de la Division de l'écologie de l'habitat du MPO à l'IOB, s'est vu décerner en 1994 le prix de l'American Society of Limnology and Oceanography (ASLO) pour l'ensemble de son oeuvre. Il est le premier lauréat de cette récompense qui doit être attribuée chaque année à un scientifique ayant oeuvré longtemps dans le domaine des sciences aquatiques.
- Dr Peter Jones, océanographe chimiste du MPO à l'IOB, a reçu en octobre 1994 un doctorat honorifique de l'Université de Göteborg (Suède), en reconnaissance de ses travaux sur les conditions chimiques de l'océan Arctique.
- Dr Charlotte Keen, de la Commission géologique du Canada (Atlantique), a été lauréate en 1994 du prix George P. Woolard, qui lui a été décerné par la Geological Society of America pour souligner sa remarquable contribution à la compréhension du développement des marges continentales. En 1995, elle a reçu la médaille Tuzo Wilson de l'Union géophysique canadienne.
- Dr Peter Hacquebard, scientifique émérite auprès de la Commission géologique du Canada (Atlantique) à l'IOB, a été le premier récipiendaire de la médaille d'argent Walter Bell, qui lui



Dr. Boyle

a été décernée lors du Symposium commémoratif Walter Bell de paléobotanique et de science du charbon, tenu du 28 mai au 1er juin 1995 à Sydney (Nouvelle-Écosse).

### Prix Huntsman

Le prix A.G. Huntsman d'excellence dans les sciences marines est administré par une fondation privée établie à l'IOB. Le prix a été décerné pour la première fois en 1990 et, à la fin de 1995, 17 personnes avaient reçu la médaille Huntsman. Pendant la période couverte par la présente revue, un seul prix a été attribué, celui de 1994. La remise du prix et le discours honorifique ont eu lieu le mercredi 18 janvier 1995 à l'Institut océanographique de Bedford. Dr Edward A. Boyle, du Massachusetts Institute of Technology, Cambridge (Massachusetts), s'est vu décerner le prix dans la catégorie de l'océanographie physico-chimique. Il a été ainsi récompensé pour ses recherches fondamentales et son leadership dans le développement d'un volet important de la géochimie marine (chimie paléo-océanographique), qui étudie la teneur en métaux-traces des coquilles de foraminifères pour en tirer des données historiques sur les nutriments, la productivité et la circulation profonde des océans. Dans son allocution, Dr Boyle a traité des hypothèses sur la circulation thermohaline à l'âge glaciaire.

### Points saillants des recherches et des levés

Voici quelques exemples des travaux de recherche, ainsi que certains des principaux événements survenus en 1994 et 1995, présentés par grandes régions géographiques.

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

L'ascophylle noueuse (*Ascophyllum nodosum*), qui appartient à la famille des Fucacés, est l'algue dominante de la zone intertidale sur la côte atlantique du Canada. On récolte cette algue depuis 33 ans dans le sud-ouest de la Nouvelle-Écosse et le sud-est du Nouveau-Brunswick. Le Laboratoire de recherche halieutique de Halifax a entrepris des recherches pour comprendre la relation entre la couverture d'ascophylle et les macroinvertébrés qui lui sont associés. L'étude a porté sur l'abondance et la diversité des invertébrés par rapport au niveau des marées et à l'exposition aux vagues, au degré de couverture et au substratum. Une méthode d'imagerie tridimensionnelle a fourni une description quantitative détaillée de l'habitat créé par la couverture algale. Les effets de l'exploitation commerciale sur les invertébrés associés, du fait de la modification de la structure et de la densité de cette couverture, ont été évalués par des études comparatives dans des bancs soumis à l'exploitation commerciale, ainsi que par des manipulations de la couverture. Les résultats obtenus servent à élaborer les stratégies de gestion de ces algues en vue de réduire ou de prévenir les impacts négatifs de leur récolte sur la communauté des invertébrés.

Un projet de recherche sur les changements survenus dans le benthos aux alentours des installations de salmoniculture des îles de Fundy (Nouveau-Brunswick) a été entrepris pendant la période visée. Ce projet avait pour but de comparer trois méthodes différentes de mesure des modifications du benthos : taux d'enfouissement du carbone organique; indices d'enrichissement du benthos et, échantillonnage classique à la benne. Les comparaisons ont porté sur les résultats obtenus et sur le coût de chaque méthode. Le projet était le fruit d'une col-

laboration entre la Station de biologie de St. Andrews et l'Institut océanographique de Bedford.

Parmi les facteurs biologiques considérés dans les évaluations des stocks de poisson, la longueur selon l'âge est un indicateur utile du développement des individus, car elle reflète les conditions que le poisson a connues sur le plan alimentation et croissance, et peut être tirée de sources diverses. Par exemple, les nouvelles pêches « sentinelles », relevés effectués par les pêcheurs eux-mêmes, pourraient apporter bientôt leur contribution dans ce domaine, alors qu'il faudrait plusieurs années pour qu'on puisse discerner des tendances dans les taux de capture. Ces dernières années, il semble que les facteurs biologiques s'améliorent dans certains stocks. Par rapport au début de la décennie, on a observé depuis 1993 des augmentations de la longueur selon l'âge pour l'aiglefin de l'est du banc Georges (5Z) et pour certaines composantes du stock de morue du Nord. Dans bien des cas, les modèles traditionnellement employés pour prédire l'abondance ne tiennent pas compte des changements de certaines caractéristiques biologiques importantes des stocks de poisson, comme la longueur selon l'âge. À mesure que les biologistes approfondissent leurs études et leurs analyses, on inclut de plus en plus de facteurs biologiques dans l'évaluation de l'état des stocks. On aboutit ainsi à des évaluations qui sont plus complexes, mais aussi plus réalistes sur le plan biologique.

Une recherche a été lancée en collaboration avec l'Institut océanographique de Woods Hole et l'Université du Rhode Island pour étudier le mélange vertical et la stratification, et leurs effets sur les paramètres biologiques des espèces cibles. Ces travaux entraient dans un projet conjoint Canada/États-Unis, mené dans le cadre du Programme sur la dynamique des écosystèmes océaniques mondiaux (GLOBEC), et visaient à l'examen, dans l'Atlantique nord-ouest et sur le banc Georges, des processus biologiques et physiques qui agissent sur le recrutement des espèces importantes.

L'une des grandes sources d'information environnementale nouvelle que doit exam-

iner la Commission d'examen environnemental du banc Georges (créée pour reconsidérer le dossier du forage exploratoire sur le banc) est un programme de recherche multi-disciplinaire sur le devenir et les effets des déchets de forage. Ce programme est mené à l'Institut océanographique de Bedford avec un soutien financier du Programme fédéral de recherche et de développement énergétiques; le MPO et les scientifiques engagés à contrat effectuent un certain nombre d'études de terrain, de laboratoire et de modélisation étroitement coordonnées. Ces travaux portent sur l'océanographie physique et la sédimentologie du banc Georges, le comportement des floculation de déchets de forage, et les effets sublétaux de ces déchets sur le pétoncle géant *Placopecten magellanicus*, qui est l'espèce commerciale la plus importante sur le banc Georges.

Grâce à la collaboration entre le MPO, l'Université Dalhousie et l'Institut des biosciences marines, nous avons mis au point une série de marqueurs moléculaires ADN qui permettra d'examiner la génétique des populations de pétoncles géants. Chacun des trois types de marqueurs, les sondes d'ADNc, les microsatellites monocus et les marqueurs RAPD, révèle un niveau élevé de variabilité génétique entre individus. Parmi les caractéristiques de ces marqueurs, il faut souligner que les microsatellites ne nécessitent qu'une petite quantité d'ADN pour produire une réaction : un protocole a été mis au point, qui permettra d'établir le génotype individuel des larves de pétoncle (moins de 0,02 mm). Les pectinicultures de la région se servent déjà de cette technologie pour diverses applications, comme déterminer la contribution parentale de divers groupes de géniteurs et le niveau de consanguinité de leur cheptel, et pour retracer la productivité et le rythme de croissance de certaines souches sélectionnées.

La Station de biologie de St. Andrews échantillonne les populations de phytoplancton depuis 1987 dans le sud-ouest de la baie de Fundy. Toutes les espèces algales sont surveillées, mais l'accent est mis sur celles qui produisent des toxines ou ont des effets dangereux. En

1988, on a détecté de l'acide domoïque, dans les coquillages et le plancton; l'espèce d'algue en cause était la diatomée (*Pseudonitzschia pseudodelicatissima*). Bien que cette algue soit présente chaque année, les concentrations en étaient particulièrement élevées en 1988. Or, en 1995, l'analyse des échantillons a fait ressortir des densités semblables. On a observé les 22 et 29 août 1995 des densités de *P. pseudodelicatissima* de plus d'un million de chaînes de cellules par litre. La Direction de l'inspection du MPO en a été avisée, et on a commencé à échantillonner les myes et les moules du littoral du Nouveau-Brunswick de la baie de Fundy pour y rechercher l'acide domoïque. Cette toxine a été détectée dans des extraits de coquillages et, le 1er septembre, le niveau réglementaire de 20 ppm a été dépassé. On a donc suspendu la récolte des coquillages dans le sud-ouest de la baie de Fundy.

L'évolution vers la cogestion des pêches aura des effets considérables, et encore inconnus, sur les programmes scientifiques du MPO. Grâce à un projet innovateur mené pendant l'été 1995, le groupe chargé du hareng à la Station de biologie de St. Andrews a acquis de l'expérience en s'attaquant au défi de la gestion pendant la saison de pêche. Le personnel du MPO, qui a une longue histoire d'étroite collaboration avec le secteur harenquier de Scotia-Fundy, a, cette fois, travaillé avec l'industrie pour répondre aux signaux biologiques fournis par la pêche en temps réel. Cette expérience est née des inquiétudes et de l'incertitude suscitées par l'état des principaux stocks de hareng de 4WX. Il a fallu recueillir de l'information à partir de la pêche : par exemple, grâce à une série de relevés des principales frayères, menés à bord de bateaux de pêche commerciale, on a pu préciser le nombre, le lieu et la taille des bancs de hareng. L'expérience ayant permis d'améliorer la protection des composantes de la pêche, il a été recommandé de mettre en oeuvre un système de gestion similaire pour les années à venir.

### Plate-forme néo-écossaise

Une équipe d'océanographes physiciens de l'IOB a achevé le travail de compilation de paramètres géographiques comme la profondeur moyenne, la largeur, la



longueur, le volume et la superficie de 104 bras de mer de la côte atlantique, en Nouvelle-Écosse et ailleurs. Ces paramètres ont servi à regrouper des entités présentant des caractéristiques semblables sur le plan de la circulation et de la climatologie. Cela permettra aux chercheurs d'induire la circulation et la stratification de certains bras de mer qui n'ont pas encore été échantillonnés mais appartenant à un groupe déjà caractérisé: cela permettra aussi d'orienter les travaux sur le terrain vers les bras de mer sur lesquels il est nécessaire de recueillir une information plus détaillée.

En 1994, la Commission géologique du Canada (Atlantique), au cours de la première année d'un programme triennal financé dans le cadre de l'Entente Canada-Nouvelle-Écosse sur l'exploitation minière, a effectué des levés sur une partie de la plate-forme néo-écossaise pour évaluer les dépôts de sable et de gravier des eaux du large. Le potentiel minéral a été confirmé par des études faisant appel à la sismique à haute résolution et à des données obtenues par sonar à balayage latéral. De plus, on a prélevé des échantillons globaux pour tester la résistance des matériaux.

Parmi les études écosystémiques sur le stock de morue de l'est de la plate-forme néo-écossaise, il faut noter les travaux concernant la prédation par le phoque gris. L'étude a commencé en 1993 avec des données sur la composition du régime alimentaire de phoques gris capturés entre 1989 et le début de 1993. La proportion de morues (généralement âgées de moins de 4 ans) dans les échantillons n'a pas fait ressortir de tendances pendant la période d'échantillonnage. Étant donné que la biomasse de morue est faible et en déclin, il paraissait probable que les phoques gris allaient réduire leur prédation sur la morue et se tourner vers des proies plus abondantes. Toutefois, les échantillons prélevés à l'île de Sable entre l'été 1993 et janvier 1996 montrent que la proportion de morues dans le régime alimentaire, si elle varie parmi les échantillons, ne présente aucune tendance particulière pendant la période de cinq ans d'échantillonnage à l'île de Sable. Le pourcentage moyen de morues dans la nourriture du phoque gris est demeuré à environ 15 %. Étant donné que

la population de ce phoque continue à s'accroître au même rythme qu'auparavant, on peut estimer la consommation moyenne de morues de 4VsW par les phoques gris à 17 700 t en 1995, soit une augmentation de 12 % par rapport à 1994. Cette croissance d'un prédateur important de la morue coïncide avec une phase de faiblesse apparente de la production et de la reproduction de la morue, ce qui accentue la pression écologique subie par cette popu-



Le F.C.G. Creed

lation de morue.

Depuis plusieurs années, les scientifiques du MPO recueillent des données détaillées sur la température dans certains bras de mer de la côte atlantique de Nouvelle-Écosse. Ces données, qui sont destinées au développement de l'aquaculture, sont utilisées de deux façons. Dans le premier cas, on définit le climat des bras de mer pour déterminer quelles espèces pourraient y être élevées; dans le deuxième, on détermine l'ampleur de l'effet de chasse des eaux venues du plateau continental adjacent. Les instruments d'enregistrement des températures sont relevés tous les six mois, généralement en mai et en novembre.

Un projet visant à transférer la base de données climatologiques de la plate-forme continentale canadienne à un système de gestion de bases de données relationnelles plus formalisé s'est achevé en 1994. La base de données, qui contient plus de 425 000 profils et 9 millions d'observations, est le plus vaste regroupement d'observations sur la température et la salinité qui existe pour la côte est du Canada. Grâce à la conversion, il est beaucoup plus facile pour les scientifiques d'extraire et d'analyser les

données, tandis que le maintien et la mise à jour de la base de données nécessitent moins de travail.

Les océanographes chimistes de l'IOB ont terminé à l'automne 1994 une mission sur la plate-forme néo-écossaise, dont l'objet était : 1) d'étudier les processus qui régissent le transport du carbone organique et des produits chimiques à affinité particulière (ce qui comprend la plupart des contaminants) dans l'océan; 2) de continuer à étudier les effets environnementaux de la dispersion des déchets de forage autour de la plate-forme Rowan Gorilla III (champ Cohasset, banc de l'île de Sable); enfin, 3) de prélever des échantillons en vue d'un programme de surveillance visant à prédire l'influence des conditions environnementales sur les stocks de poisson de la plate-forme néo-écossaise.

Des scientifiques de la Station de biologie de St. Andrews, ainsi que des collègues venus d'Australie et des États-Unis, ont collaboré avec des pêcheurs de l'Association des thoniers de la baie St. Margarets, en Nouvelle-Écosse, pour une étude menée sur le terrain à la mi-août 1995. Cette campagne a permis d'envisager l'emploi d'étiquettes externes (enregistreurs miniatures de données) qui seraient fixées sur les thons rouges.

Le Service hydrographique du Canada installé à l'IOB a, de concert avec d'autres partenaires, réalisé des levés multifaisceaux à haute résolution en vue de projets menés dans la zone côtière de l'Atlantique. À l'aide du F.C.G. Creed et du DOLPHIN, les hydrographes ont cartographié des couloirs pour l'implantation de câbles sous-marins de communication entre la Nouvelle-Écosse et Terre-Neuve, et de la Nouvelle-Écosse au rebord de la plate-forme néo-écossaise pour les communications transocéaniques. Un autre levé a été réalisé dans le cadre du projet d'étude des ressources énergétiques sous-marines de l'île de Sable; il visait à recueillir des données pour établir les tracés des pipelines sous-marins.

La mactre de Stimpson (*Mactromeris polynyma*) est un gros coquillage bivalve (75-125 mm) d'apparence semblable à la mactre d'Amérique, qui est plus répandue.

La principale caractéristique qui distingue la macre de Stimpson est la couleur pourpre du pied et du manteau, qui rougissent à la cuisson, comme le homard et la crevette. On trouve ce coquillage dans l'Atlantique et le Pacifique, dans des fonds sableux moyens ou grossiers. Dans l'Atlantique, il existe des pêches commerciales de cette espèce sur le Banquereau et sur les Bancs de Terre-Neuve. L'exploitation de cette macre sur le Banquereau a commencé avec les relevés de développement menés par des scientifiques du MPO en 1980-1983. Après une pêche expérimentale de trois mois, on a établi une pêche commerciale gérée par un programme de TAC/AE et un accès limité. Cette pêche est maintenant menée par trois gros bateaux (60 m) congélateurs équipés de dragues hydrauliques. La pêche vise les mactres âgées de 10-15 ans, destinées au marché japonais du sushi et du surimi. La valeur de cette pêche est passée de zéro en 1985 à environ 35 millions de dollars en 1993, et elle a créé des emplois pour 480 personnes.

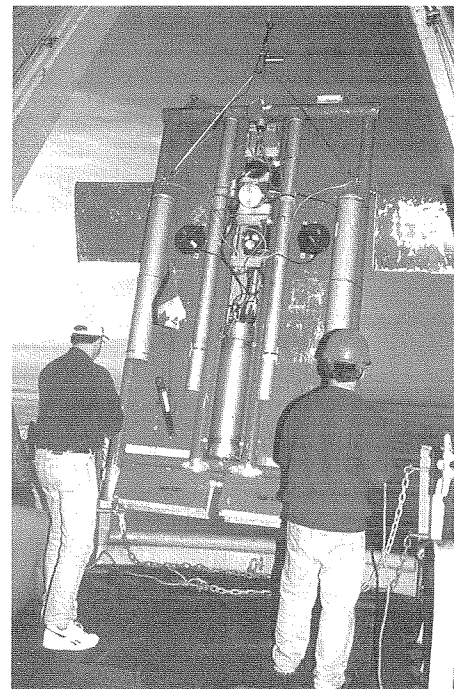
Des océanographes biologistes et physiciens de l'IOB ont collaboré à un programme de recherche visant à évaluer les effets des changements climatiques (passés, présents et futurs) sur les processus physiques et écologiques en oeuvre sur la plate-forme néo-écossaise. Ils ont notamment mené une campagne visant à identifier et à caractériser les sources d'apport de zooplancton sur la plate-forme (p. ex. golfe du Saint-Laurent, courant du Labrador et bassins de la plate-forme); ils ont aussi élaboré un modèle à partir des données nouvellement recueillies et des données historiques.

Au début de 1994, un nouveau groupe a été créé; composé de pêcheurs et de

scientifiques, il vise à améliorer la communication entre les membres des deux professions, à mettre en commun l'information et les idées, et à lancer conjointement des projets de recherche sur les problèmes d'intérêt mutuel. Connue sous le nom de « Fishermen Scientists Research Society », le groupe couvrirait au départ la zone de la côte est de la Nouvelle-Écosse. Dans un article du *Globe and Mail* en date du 10 août 1994, intitulé : « Conservation : les pêcheurs recueillent des données précieuses sur les stocks de morue et de hareng à l'intention de leurs anciens adversaires, les scientifiques fédéraux », on citait une déclaration du ministre fédéral des Pêches, Brian Tobin : « J'ai souvent déploré que les pêcheurs constituent une équipe et le MPO une équipe opposée, chacune passant une grande partie de son temps à essayer de battre l'autre... et voici que maintenant pêcheurs et scientifiques font partie de la même équipe. » (traduction libre)

### Golfe du Saint-Laurent

En juillet 1994, la CGC (Atlantique) a participé à une expédition menée dans le fjord du Saguenay, au Québec, à bord de l'Edwin Link. L'un des objets de la mission était d'employer un submersible pour déterminer l'âge de plusieurs chenaux de turbidité découverts l'année précédente près de l'embouchure du bras nord du fjord. Les observations indiquent que ces chenaux ne se sont pas formés par suite du tremblement de terre de Chicoutimi, en 1988, mais peuvent être reliés à un important effondrement des sédiments du bassin du fjord, qui remonterait à un fort séisme survenu dans cette région en 1663. Le deuxième objectif de l'expédition était d'effectuer des observations sur les communautés benthiques du bras nord et sur leur rétablissement par suite de l'arrêt des déversements de déchets industriels



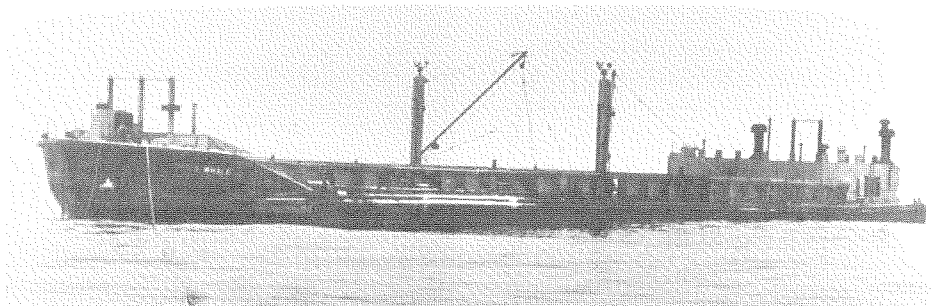
Le véhicule BRUTIV

(déchets organiques des usines de pâte à papier) au début des années 70. Des observations visuelles n'ont pas révélé de zones de fond anoxiques dans la partie médiane du bras, ni la présence de colonies de bactéries du soufre.

En 1994 et 1995, le personnel du Laboratoire de recherche halieutique de Halifax a collaboré avec les acheteurs et les moissonneurs du Chondrus pour mettre au point un plan de récolte expérimentale de *Furcellaria fastigata* près de la côte ouest de l'Île-du-Prince-Édouard, la « capitale mondiale de la mousse d'Irlande ». L'étude avait pour objet de déterminer l'impact de la récolte à la drague sur la repousse et le recrutement du *Furcellaria*.

Vers la fin de la période d'étude, on a noté une augmentation de l'activité scientifique du personnel du MPO autour de l'épave de la barge pétrolière *Irving Whale*, qui a coulé près de la côte nord de l'Île-du-Prince-Édouard, et que l'on voulait renflouer. Parmi les projets entrepris, on a dosé les biphényles polychlorés (BPC) dans la chair de deux groupes de crabe des neiges capturés l'un à proximité de l'épave et l'autre à une station de référence. Les résultats ont servi à établir les données de base permettant d'évaluer les conséquences du renflouage de l'épave, qui contenait des BPC dans le système de chauffage de la cargaison.

**Bancs de Terre-Neuve, mer du**



*Irving Whale*



Le CCGS Louis-S.-St-Laurent au pôle Nord

## Labrador

Une équipe de scientifiques du MPO a effectué des observations sur la banquise de la mer du Labrador près de Cartwright (Labrador). Les mauvaises conditions météorologiques ont entravé les opérations de l'hélicoptère car, malgré l'épaisseur de la glace, la houle sur la banquise brisait les bancs de glace de sorte qu'il était difficile de localiser des points d'atterrissage sécuritaires. Malgré ces difficultés, on a pu recueillir des données sur l'épaisseur et le type de glace directement sur la banquise, et aussi grâce à un capteur électromagnétique aéroporté mesurant l'épaisseur de la glace, au cours de trois passages différents du satellite ERS-1 qui ont permis d'obtenir des images SAR. Grâce à ces données, on a pu construire et valider des algorithmes permettant d'estimer l'épaisseur et le type de la glace à partir des missions SAR satellitaires. De plus, on a établi des balises à plusieurs endroits sur la banquise et, à chaque station, on a obtenu les profils de la température et de la salinité de la colonne d'eau. Ces données ont servi à tester et à valider les modèles glace-océan qui prédisent le déplacement, la formation et le recul de la banquise près du Labrador.

Pendant l'été 1994, le nsc Hudson a achevé l'occupation de la deuxième section de l'Expérience sur la circulation océanique mondiale (WOCE) qui coupe la mer du Labrador. Cette année, la portion orientale de la section était libre de glace, de sorte

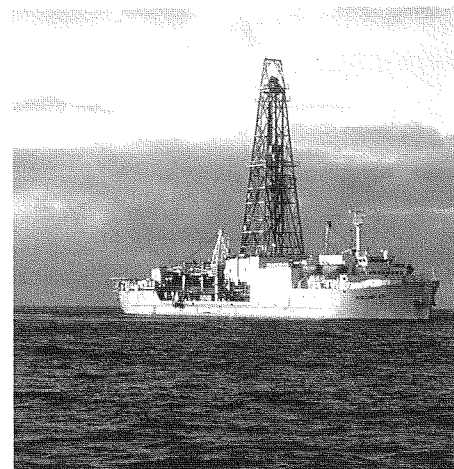
que des stations ont pu être occupées jusque sur l'est du plateau du Groenland. Du côté du Labrador, le bateau a trouvé de la glace au moment du passage de l'isobathe de 400 mètres, de sorte qu'il a mis fin au transect à la limite continentale de la branche océanique du courant du Labrador. Cette section mesure le volume et les caractéristiques de la convection océanique qui s'est produite dans la mer du Labrador l'hiver précédent. La mer du Labrador est la source de l'une des composantes de la cellule de brassage convectif thermohalin de l'Atlantique nord, et peut être responsable de la variabilité observée d'une décennie à l'autre dans les eaux et le climat de l'Atlantique nord.

La Commission géologique du Canada (Atlantique) vient de concevoir et de mettre en service un système d'information côtière permettant de gérer et de diffuser les données sur la géomorphologie du littoral. Ce projet, qui utilise un logiciel commercial SIG, a été lancé grâce à la collaboration active du gouvernement de Terre-Neuve et du Labrador, et se poursuit maintenant grâce à l'aide financière et au soutien actif d'Environnement Canada et de la province de la Nouvelle-Écosse. Les scientifiques de la CGC ont cartographié le littoral en vue d'établir 22 feuilles de cartes pour la série topographique nationale (à l'échelle 1:50 000), et prévoient de continuer leur travail de cartographie dans l'ensemble des provinces atlantiques avec la collaboration des ministères provinciaux et fédéraux.

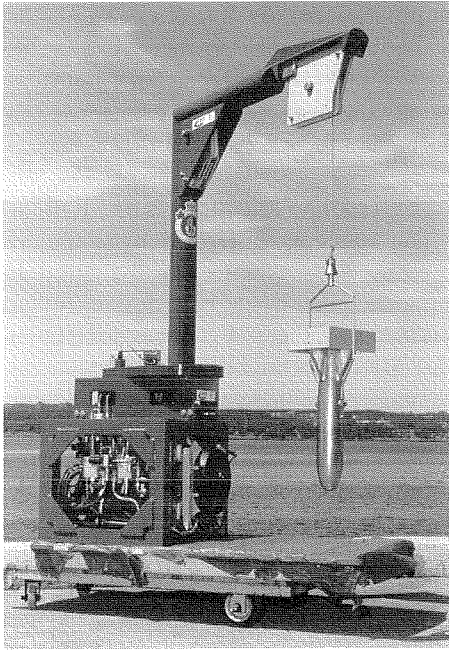
Entre le 24 juin et le 3 juillet 1995, le nsc Hudson, opérant de concert avec le nsc Wilfred Templeman, a mené à bien la quatrième et dernière mission de l'expérience sur l'impact du chalutage qui était réalisée sur les Bancs de Terre-Neuve. Cette année, le programme prévoyait un nouvel échantillonnage, à l'aide du Parizeau, des couloirs expérimentaux chalutés en 1994, en vue de réévaluer les effets qui pouvaient encore être observés un an après la deuxième opération de chalutage. Une fois que le Parizeau a eu effectué son échantillonnage, le Wilfred Templeman a chaluté de nouveau les couloirs expérimentaux de la même façon qu'en 1994 et 1995. Le Parizeau a ensuite effectué l'échantillonnage post-chalutage de la même façon qu'auparavant. Les intéressantes modifications apportées au véhicule BRUTIV ont permis d'utiliser cet engin pour la première fois depuis 1993 pour obtenir des images vidéo des couloirs chalutés et non chalutés. Les données obtenues grâce à cette mission et à des missions antérieures de la série fournissent une information quantitative sur les effets immédiats, à court terme et à long terme du chalutage sur les milieux marins benthiques.

## Arctique

Des recherches géologiques et géophysiques ont été menées dans le détroit d'Hudson et la baie d'Ungava en octobre et novembre 1993 par la CGC (Atlantique) en collaboration avec des chercheurs du Centre géoscientifique du Québec, de l'Université de Montréal, et de l'Université du Colorado. Les objectifs de la mission



Le navire de forage Joides Resolution



La sonde remorquée MV-CTD

étaient de définir la géologie et l'histoire de la fin du Quaternaire dans la région, de recueillir des données sur les changements climatiques planétaires, et de rassembler des données sur le champ gravitationnel et le champ magnétique dans la baie d'Ungava.

Les chimistes océanographes de l'IOB ont participé à une expédition dans les mers de Barents et de Kara à bord du navire russe de recherche Geolog Fersman. Pendant cette mission, les scientifiques ont découvert une épave qui semble contenir des déchets radioactifs présentant plus de 200 curies d'« équivalent strontium-90 » selon le « Livre blanc » publié par la Fédération de Russie au début de 1993. Les scientifiques du MPO ont participé à cette mission dans le cadre d'activités de levés menées en collaboration avec des organismes russes, norvégiens et américains. Ils ont prélevé des échantillons de sédiments sur une vaste zone, et les ont rapportés à l'IOB pour doser les radionucléides.

Le NGCC Louis-S.-St-Laurent, avec à son bord cinq scientifiques de la Direction des sciences de Scotia-Fundy, a atteint le pôle Nord à 12 h 00, heure de l'Atlantique, le 22 août 1994. Le bâtiment a dû s'ouvrir un chemin dans une épaisse couverture de glace au-dessus de la dorsale Lomonosov, par 88E51'N, pour enfin arriver au pôle.

Le Louis-S.-St-Laurent est le premier bateau canadien à atteindre le pôle Nord, et l'événement a été célébré par un barbecue du Grand Nord ainsi que par d'autres cérémonies. Les membres du MPO ont prélevé des échantillons au pôle Nord en vue de doser certains radionucléides : césium-137, plutonium, iode-129, américium et strontium-90. Ils ont également trouvé au pôle Nord de l'eau du bassin eurasiatique présentant une température maximale de 1,5 EC, soit 0,7 EC de plus que dans le bassin de Makarov. Un scientifique qui se déplaçait en hélicoptère pour établir des profils de la conductivité, de la température et de la profondeur (CTD) à plusieurs milles du navire a découvert un mont sous-marin non cartographié près de la dorsale Lomonosov.

Les scientifiques de l'IOB ont achevé l'étude de 1994 sur la distribution estivale de l'eau de fonte de la glace de mer et du ruissellement terrestre, ainsi que sur la circulation superficielle dans le bassin de Foxe, la baie d'Hudson et le détroit d'Hudson. Cette étude, basée sur la méthode aux isotopes de l'oxygène, a permis d'établir que la dessalaison superficielle en été dans le bassin de Foxe est due avant tout à l'eau de fonte de la glace de mer, et que le ruissellement terrestre et l'eau de fonte de la glace de mer contribuent de façon égale à la couche superficielle dans le nord de la baie d'Hudson. Les données sur les isotopes de l'oxygène ont apporté une information nouvelle sur la circulation superficielle dans le nord de la baie d'Hudson et dans le bassin de Foxe.

### Travaux en haute mer et études internationales

En 1994, David Piper, scientifique de la CCG (Atlantique) a passé deux mois en mer à titre de co-responsable de la section 155 du Programme de sondage des fonds marins. Le bateau de forage Joides Resolution a foré 34 trous dans les sédiments en accumulation rapide à 300-500 kilomètres au large de l'embouchure de l'Amazonie. Ces travaux ont fourni, pour la première fois dans une zone équatoriale, un relevé des changements climatiques océaniques et continentaux depuis 60 000 ans avec une résolution d'environ dix ans. Jusqu'à maintenant, les seuls relevés climatiques indirects présentant une résolution semblable provenaient de l'inlandsis

groenlandais. Ces relevés permettent d'évaluer les processus qui amènent des changements climatiques rapides, et devraient améliorer notre capacité de prévision des changements climatiques à l'échelle de la décennie.

Les scientifiques du MPO ont participé à l'automne 1994 à une mission de cinq semaines en mer du Labrador et en mer d'Irminger à bord du bateau de recherche allemand Meteor. Le Meteor faisait l'occupation d'automne des sections répétées AR7W et AR7E du programme WOCE dans les mers du Labrador et d'Irminger, du Labrador au Groenland puis à l'Irlande. Le personnel de l'IOB participe à l'occupation de la section AR7W chaque printemps depuis 1990; cette occupation d'automne a contribué à mieux documenter les transformations hivernales des masses d'eau dans la région.

Les biologistes océanographes de l'IOB ont réalisé une mission de trois semaines dans le nord-ouest de l'Atlantique, à bord du nsc Hudson, pendant l'été 1995. Le premier objectif de la mission était de cartographier la répartition à grande échelle du phytoplancton et du zooplancton (et de leur environnement physico-chimique) : 1) sur les plates-formes de Nouvelle-Écosse, de Terre-Neuve et du sud du Labrador; 2) en mer du Labrador; 3) dans le centre de l'Atlantique nord, entre le Groenland et la mer des Sargasses.

### Recherche générale

Le logiciel mis au point par le Service hydrographique du Canada (SHC) contribue à mettre le Canada sur la carte dans le domaine de la technologie informatique. Le système d'option de données spatiales (SDO), prolongement du logiciel de la base de données Oracle, permet aux scientifiques d'obtenir et de gérer des volumes énormes de données pluridimensionnelles sur une vaste gamme de sujets d'ordre géographique. C'est Herman Varma, hydrographe du SHC à l'IOB, qui a mis au point cette technologie révolutionnaire. Le logiciel a ensuite été évalué et mis à l'essai par une équipe du SHC à Ottawa. Depuis plusieurs années, ce groupe suit l'évolution de la technologie dans un laboratoire spécialisé établi par la société Oracle à Hull (Québec). Cette technologie a attiré l'attention des



*Le ministre des Pêches et des Océans, Brian Tobin, à la conférence Zone côtière 94*

spécialistes à l'échelle internationale. Le SHC a rencontré des représentants d'organismes hydrographiques intéressés, de producteurs et d'utilisateurs de données spatiales dans des domaines connexes, comme la génétique et l'environnement, venus de plusieurs pays. Au moins quatre importants fournisseurs de matériel de SIG et de systèmes de cartographie sur micro-ordinateur ont annoncé de nouveaux produits basés sur une intégration étroite de la technologie SDO.

Une nouvelle étape a été franchie dans la mise au point d'une sonde conductivité/température/profondeur remorquée (MV-CTD). La stabilité du poisson MV-CTD a été testée à partir du navire de levés bathymétriques Frederick G. Creed à de hautes vitesses de remorquage correspondant à celles des porte-conteneurs. Le poisson a été tiré dans le sillage du bâtiment à une vitesse de 22 noeuds sans aucun signe d'instabilité. Il s'agit là d'un projet de développement mené conjointement avec une firme de Dartmouth (N.-É.), Brooke Ocean Technology Ltd.

Nous avons lancé une expérience visant à déterminer les effets de la température ambiante sur le développement des oeufs de morue, l'éclosion et l'utilisation du vitellus par les larves. Les températures se

situaient entre 1 EC et 8 EC. Une expérience semblable a été menée sur l'aiglefin. C'est la Station de biologie de St. Andrews qui a réalisé ces travaux en vue d'étudier le potentiel aquacole de ces espèces, mais aussi pour comprendre leur biologie dans le milieu naturel.

Des membres de la Station de biologie de St. Andrews ont effectué des essais visant à mesurer la mortalité d'une formule à base de pyrèthre pour les stades larvaires du homard américain. Les pyrèthres constituent un groupe de composés naturels présentant une forte activité insecticide, et communément appelés pyrèthrines. Ces composés sont extraits de certaines espèces de *Chrysanthemum*. La formule à l'étude a été proposée pour traiter les infestations des saumons d'élevage par les poux de poisson.

La mise au point d'une plate-forme amarrée instrumentée permettant de surveiller les concentrations de matériau particulaire autour des installations marines de forage pétrochimique s'est poursuivie pendant la période couverte. La plate-forme comporte des capteurs qui surveillent la concentration de l'ensemble des particules en suspension, une caméra numérique pour photographier les matériaux flocculés, ainsi qu'un courantomètre pouvant mesurer la turbulence. Une fois au point, la plate-forme comportera un système de télémétrie

qui transmettra ses données soit à une installation de forage proche, soit à la côte par l'intermédiaire d'un émetteur satellitaire installé dans une bouée de surface.

En 1995, les scientifiques de l'IOB ont rendu public un système d'inventaire des données océanographiques. Il s'agit d'un progiciel intégré avec base de données qui permet d'accéder aux archives de la région des Maritimes du MPO pour obtenir des données recueillies par les courantomètres, les thermographes et les thermosalinographes sur les eaux de l'est du Canada. Le fonds contient les données recueillies grâce à plus de 4 000 amarrages de courantomètres et 2 200 amarrages de thermographes. Le progiciel permet aux utilisateurs de savoir quand et où l'information a été recueillie et d'afficher chaque enregistrement, et leur fournit des statistiques mensuelles établies à partir de ces enregistrements.

## Nominations

Divers membres du personnel ont été nommés à des fonctions nationales et internationales au cours de la période :

- Mike Bewers, MPO, IOB, a été nommé membre du Comité conjoint scientifique et technique pour le Système mondial d'observation de l'océan (GOOS).
- Allyn Clarke, MPO, IOB, a été élu vice-président du Comité scientifique conjoint du Programme mondial de recherche sur le climat (PMRC). Il a aussi été nommé membre du Comité conjoint scientifique et technique pour le Système mondial d'observation des océans (GOOS).



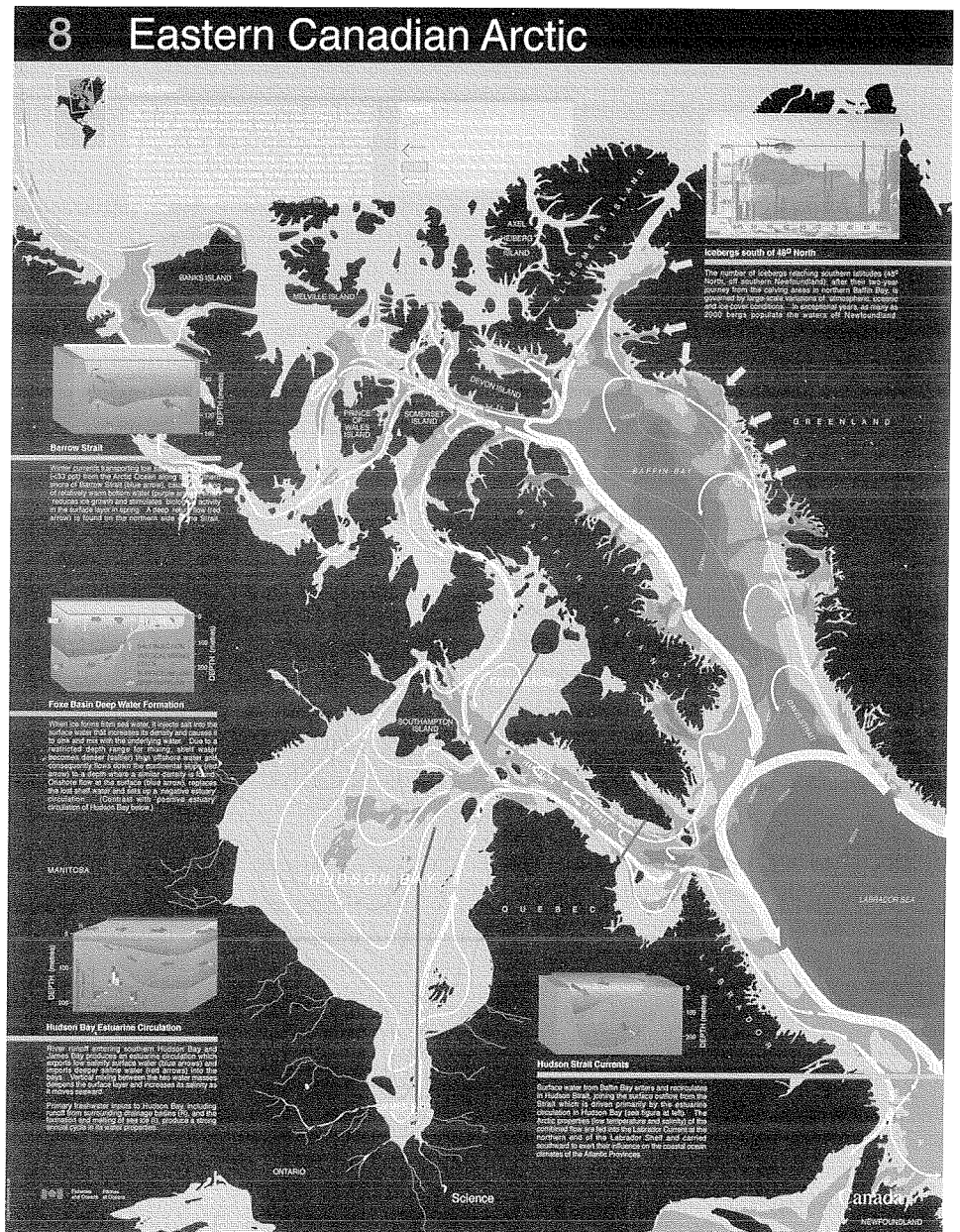
*Foire technologique de l'information océanologique*

- Brian Nicholls, MPO, IOB, a été nommé président de l'Association Zone côtière Canada lors de la première réunion de ce nouvel organisme non gouvernemental.
- Mike Sinclair, MPO, IOB, a été nommé président du groupe de travail du Comité scientifique de la recherche océanique (SCOR) concernant l'impact des pêches mondiales sur la stabilité et la diversité des écosystèmes marins.
- Rob Stephenson, MPO, Station de biologie de St. Andrews, a été nommé président du Comité des espèces pélagiques du CIEM.

**Conférences et ateliers**

Pendant la période considérée, les installations régionales ont accueilli ou parrainé, en tout ou en partie, les conférences et ateliers suivants :

- Symposium sur la morue et les changements environnementaux - Cet événement spécial, tenu en février 1994 à l'IOB, visait à examiner la situation du poisson de fond (notamment de la morue) dans les eaux de la côte est du Canada. Le symposium était ouvert au public.
- Réunion annuelle de l'American Fisheries Society - La 124e réunion annuelle de la société a eu lieu à Halifax en août 1994. C'est Peter Amiro, de la Division des poissons diadromes du MPO, qui s'est occupé de l'organisation sur place. Plus de 1 000 délégués ont participé à cet événement international.
- Zone côtière Canada 94 - Cette conférence internationale s'est tenue à Halifax en septembre 1994. Elle était coprésidée par Brian Nicholls, MPO, IOB, et Larry Hildebrand, d'Environnement Canada. Plus de 50 pays y ont envoyé 750 délégués.
- Atelier sur la modélisation des interactions environnementales de la mariculture - Cet atelier, tenu avec l'appui du Groupe de travail du CIEM



sur les interactions environnementales de la mariculture, a eu lieu à l'IOB en 1995. Plus de 30 chercheurs venus de huit pays y ont participé.

- Atelier sur la toxicité aquatique - Cet atelier tenu annuellement, le 22e de la série, a eu lieu à la Station de biologie de St. Andrews en octobre 1995.

**Partenariats et transferts de technologie**

Voici les faits saillants de la période en matière de partenariats et de transferts de technologie :

- En juin 1995, le Service hydrographique du Canada à l'IOB, ainsi que plusieurs organismes et entrepreneurs de la région, a participé à une foire technologique de l'information océanologique. Cet événement, qui a eu lieu au moment du Sommet G-7 de Halifax, visait à faire la promotion de la compétence canadienne dans les technologies océanologiques. La Commission géologique du Canada, dans son volet maritime, a amélioré ses moyens de cartographie des océans et du fond marin grâce aux techniques numériques. Le facteur clé a été la mise au point de nouveaux systèmes

numériques d'enregistrement des données en collaboration avec le secteur privé. La CGC-Atlantique a confié par contrat à MUSE Research, une firme d'électronique de l'Ontario, la tâche de construire un système d'acquisition et de traitement en laboratoire pour bateau qui servirait aux missions de la CGC visant la cartographie des ressources côtières et extracôtières et les applications environnementales. Il s'agit là d'une réussite exemplaire du partenariat technologique de la CGC avec l'industrie océanologique canadienne, qui a permis de mettre au point des systèmes commerciaux concurrentiels comme l'AGCNAV (Xon Digital Communications Ltd.); le vibro-carottier pour les fonds marins (Brooke Ocean Technology Ltd.); les véhicules Arktos pour les levés côtiers (Watercraft Off-shore Canada Ltd.); enfin, la correction des données cartographiques obtenues par balayage (Applied Analytics Ltd.).

- En 1995, la firme Focal Technologies Inc., de Dartmouth (N.-É.), a annoncé que les ventes de son compteur optique à plancton avaient dépassé la barre du million de dollars. Cet appareil, qui sert à surveiller et à évaluer le zooplancton dans les eaux de la côte est, a été mis au point par le MPO à l'IOB entre 1985 et 1989, puis la technologie a été transférée à la firme Focal en 1989-1990. Entre autres produits de l'optique électronique, Focal fabrique actuellement le compteur optique sous licence du MPO. L'IOB poursuit son partenariat avec Focal par le développement conjoint de la nouvelle technologie nécessaire pour répondre aux besoins des programmes de suivi du Ministère.

### Visiteurs

Comme les années précédentes, les établissements régionaux ont reçu de nombreux visiteurs de marque, tant canadiens qu'étrangers. Citons en particulier les visites des personnalités suivantes :

- 28 avril 1994 - Le vice-amiral José Sarmiento Gouveia, responsable du Service hydrographique du Portugal, a visité l'IOB.

- 12 août 1994 - Une délégation australienne gouvernement/industrie de spécialistes des maladies du poisson a visité le Laboratoire de recherche halieutique de Halifax.

- 15 août 1994 - Une délégation d'halieutes cubains a visité la Station de biologie de St. Andrews.

- 22 août 1994 - Le député fédéral Stan Dromisky a été reçu à l'IOB pour des conversations concernant la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (LCPE).

- 24 octobre 1994 - Dr Max M. Tilzer, directeur de l'Institut Alfred Wegener pour la recherche polaire et nordique, Bremerhaven (Allemagne), a visité l'IOB.

- 15 novembre 1994 - Le contre-amiral Garnett, commandant des Forces maritimes de l'Atlantique, a visité l'IOB.

- 19 mai 1995 - Une mission de 13 halieutes, représentant des universités et d'autres institutions d'Indonésie, a visité l'IOB.

- 17 juin 1995 - Mme Eltsine (femme du président de la Russie) a effectué une visite à caractère privé de l'IOB pendant le Sommet du G-7 qui s'est tenu à Halifax du 14 au 17 juin.

- 4 octobre 1995 - M. Arnoldo Macaya, ancien président de l'Association des salmoniculteurs et trutticulteurs du Chili, a visité la Station de biologie de St. Andrews.

- 3 novembre 1995 - Le professeur T.J. Lam, du Département de zoologie, Université nationale de Singapour, a visité l'IOB.

### Installations et services de soutien

Il a été décidé pendant la période considérée de fermer le Laboratoire de recherche halieutique de Halifax et de transférer son personnel à l'Institut Océanographique de Bedford, au Centre des pêches du Golfe et à la Station de biologie de St. Andrews. Au 31 décembre

1995, la planification de ce transfert était en bonne voie. Cette décision visait à rassembler les programmes régionaux de recherche dans un plus petit nombre d'installations; par ailleurs, le Laboratoire de recherche halieutique de Halifax nécessitait de façon urgente des rénovations en profondeur. Afin de réduire les coûts, on a décidé de remettre graduellement les éclosiers de saumon du MPO à des organismes extérieurs et à l'industrie privée. Ces éclosiers font partie de la structure du Secteur des sciences dans la Région des Maritimes du MPO.

### Publications

Les établissements rejoignent leur clientèle respective par divers moyens, notamment des articles de revues, des rapports et des cartes de navigation. En 1994 et 1995, ils ont continué à publier à un rythme soutenu. Le détail de ces publications apparaît en annexe à la présente revue sous le titre « Cartes et publications ». En voici les faits saillants :

La carte océanographique murale no 8, qui couvre l'est de l'Arctique canadien, a été publiée en mars 1994. Elle illustre à la fois la circulation de surface et les champs de salinité, ainsi que les régions qui sont couvertes de glace en permanence et les zones de vélage des icebergs le long de la côte ouest du Groenland. Des diagrammes présentent de façon schématique certains processus physiques importants de la région. La carte a été produite en anglais, en français et dans trois dialectes autochtones (cri, inuktitut du Nouveau-Québec et inuktitut de l'est de l'Arctique).

Une monographie sur les dinoflagellés, établie par une équipe de géologues et de biologistes du gouvernement, de l'industrie et de l'université, sous la direction de Dr Robert Fensome, de la CGC (Atlantique) à l'IOB, a reçu le Trilobite doré 1995, prix décerné par la Société de paléontologie pour souligner l'excellence d'une publication dans le domaine.

# Série d'atlas sur l'histologie de la morue franche

C. M. Morrison



C. M. Morrison

## Introduction

Nous avons publié une série de quatre atlas qui, initialement, devaient porter sur les tissus de soutien (muscle, cartilage et os), l'appareil urinaire, le cerveau et les organes sensoriels, et l'appareil circulatoire; mais, en raison d'un manque de ressources financières et d'une modification des priorités, ils n'ont pas été achevés. Le premier atlas a été publié en 1987, au moment où la morue comptait parmi les plus importantes espèces d'intérêt économique au Canada; en 1985, les débarquements de morue sur la côte est canadienne s'élevaient à 478 000 tonnes métriques d'une valeur de 187 000 000 \$. D'importants efforts ont été déployés pour l'évaluation des stocks d'oeufs, de larves, de juvéniles et d'adultes, mais peu d'études histologiques ont été effectuées. La série d'atlas se veut une étude fondamentale de l'histologie de la morue qui servira à évaluer correctement les effets de certains facteurs comme les maladies, les parasites et les polluants. Étant donné la lenteur du rétablissement des stocks de morue, ces connaissances de base sont importantes pour établir les facteurs touchant les morues qui restent. Ces atlas pourront servir d'ouvrages de référence pour des études de tissus semblables chez d'autres espèces. Ils sont destinés à des scientifiques et à des vétérinaires, à des techniciens, à des pisciculteurs et à des étudiants qui se spécialisent en ichtyologie. Des vétérinaires et des scientifiques travaillant sur les poissons, d'ici et de l'étranger, ont fait des demandes de ces atlas; des collègues vétérinaires nous ont

demandé l'autorisation de photocopier des parties des atlas à des fins d'enseignement; les atlas ont servi à des présentations faites aux pêcheurs sur les stades de reproduction des poissons.

Les travaux effectués pour l'atlas sur les larves de morue ont servi de base aux recherches sur les larves d'espèces de poissons marins dont on envisage l'utilisation en aquaculture, soit l'aiglefin, dont le développement ressemble à celui de la morue, la plie rouge et le flétan.

## Les atlas

Les images illustrant les atlas montrent la morphologie macroscopique et au microscope optique (en couleur et en noir et blanc) ainsi que les ultrastructures au microscope à balayage électronique et au microscope électronique à transmission. On peut ainsi établir un lien entre la structure microscopique, la structure macroscopique et la fonction. Les parasites courants sont illustrés. Dans les atlas existants sur l'histologie des poissons, on a eu recours surtout à la microscopie optique, mais nous avons pensé que la microscopie électronique était essentielle à une description à jour, comme dans les manuels d'histologie humaine. Nous traitons des travaux effectués par d'autres auteurs et, dans bien des cas, l'étude des systèmes complets d'organes effectuée pour les atlas a permis de combler les lacunes de nos connaissances. Chaque atlas comporte une bibliographie détaillée des travaux pertinents.

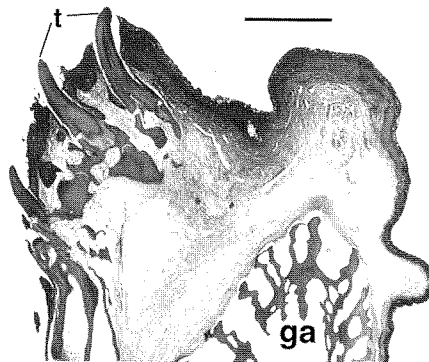


Figure 1 : Projections sur l'arc branchial (ga), avec des dents (t). Coupe à la paraffine colorée à l'hématoxyline-éosine observée au microscope optique. Échelle = 500 mm.

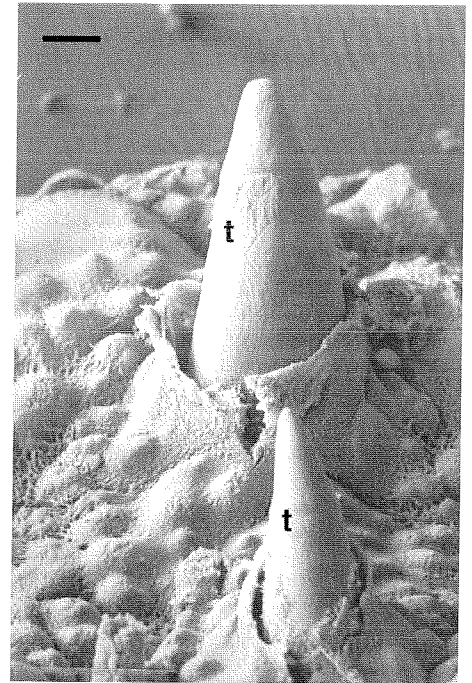


Figure 2 : Dents (t) sur la partie inférieure de la plaque dentaire pharyngienne. Microscopie électronique à balayage. Échelle = 200 mm.

## Atlas 1 : Le tube digestif (Morrison, 1987)

Le premier atlas porte sur le tube digestif et les organes annexes : la vésicule biliaire, le foie, le pancréas et la vessie natatoire. Au cours des recherches menées pour la réalisation des deux premiers atlas, on a observé la présence de « projections » sur les arcs branchiaux. Elles avaient été décrites chez plusieurs espèces de poisson à l'aide de la microscopie électronique à balayage. L'étude des coupes histologiques a permis de constater qu'il s'agissait en fait de dents (fig. 1), qui forment un cercle complet avec les dents qui se trouvent sur les plaques dentaires pharyngiennes (fig. 2). Cela a une importance fonctionnelle quand on sait que la morue ingère des proies vivantes qu'elle garde dans la bouche jusqu'à ce qu'elle les avalé. Dans le rectum, nous avons trouvé de petits parasites, probablement des amibes, et des bactéries fixées à la surface de l'épithélium. Nous avons également découvert des organismes flagellés (fig. 3); une étude plus poussée a révélé qu'il s'agissait d'organismes appartenant à une nouvelle espèce,



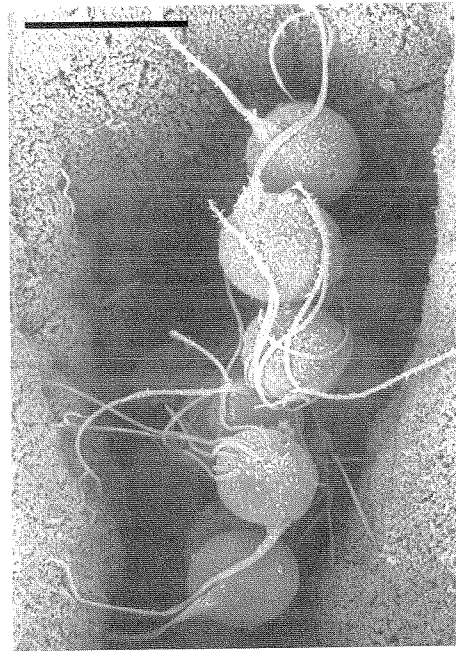


Figure 3 : Organismes flagellés dans le rectum. Microscopie électronique à balayage. Échelle = 5 mm

*Spironucleus torosus* (Poynton et Morrison, 1990). Cette espèce présente une phase parasitaire, pendant laquelle elle est fixée à la surface des cellules épithéliales. La morue diffère des salmonidés en ce que son foie contient normalement une grande quantité de lipides sauf au printemps, pendant la fraye. La morue est également remarquable parce que la plus grande partie du tissu endocrinien du pancréas se trouve dans un « îlot principal » de la vésicule biliaire. On a tenté d'utiliser cet îlot comme source d'insuline. La présence de la coccidie *Goussia gadi*, parasite de la vessie nataoire de la morue en Europe (Fiebiger, 1913), n'a pas été signalée chez les morues étudiées pour la réalisation de cet atlas, mais elle a été décelée dans d'autres études (Morrison et Marryatt, 1990). Ce parasite peut être responsable de la présence de pus dans la vessie nataoire, et peut affecter la capacité de l'hôte à maîtriser sa flottabilité (Odense et Logan, 1976).

### Atlas 2 : Système respiratoire (Morrison, 1988)

Le deuxième atlas porte sur la structure des branchies ainsi que des pseudobranchies. Pour la réalisation de cet atlas, Dr R. Boutilier (Université de Dalhousie) a injecté du méthacrylate de méthyle dans les vaisseaux sanguins des morues. Après polymérisation de la résine dans les vaisseaux sanguins des branchies, on retire les tissus et on obtient une « pièce moulée par corrosion » des vaisseaux sanguins (fig. 5). Les branchies étaient couramment infestées de kystes de la microsporidie *Loma branchialis* (Morrison et Sprague, 1981) et des copépodes *Lernaeocera branchialis* et *Clavella adunca* (fig. 4). En général, *L. branchialis* se trouve à proximité de la base des branchies et, dans bien des cas, elle pénètre dans l'appareil vasculaire et parfois dans le cœur, entraînant une perte de poids (Khan et al., 1986). De nombreux filaments branchiaux portaient aussi l'énigmatique « nodule d'étiologie inconnue » (MacLean et al., 1986). Décrit chez d'autres espèces de poisson, ce nodule reste mystérieux.

La pseudobranchie possède des lamelles comme les branchies, mais ces lamelles sont fusionnées et couvertes de tissu conjonctif. Elle reçoit le sang oxygéné et n'a aucune fonction respiratoire. Elle est

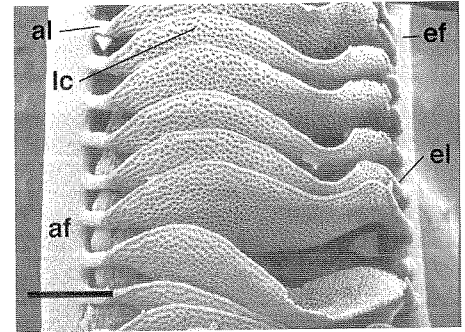


Figure 5 : Pièce moulée de vaisseaux sanguins d'un filament branchial obtenue par corrosion. Microscopie électronique à balayage. Artère afférente du filament, af; artère efférente du filament, ef; artériole lamellaire afférente, al; feuillet capillaire de la lamelle, lc; artériole lamellaire efférente, el. Échelle = 500 nm

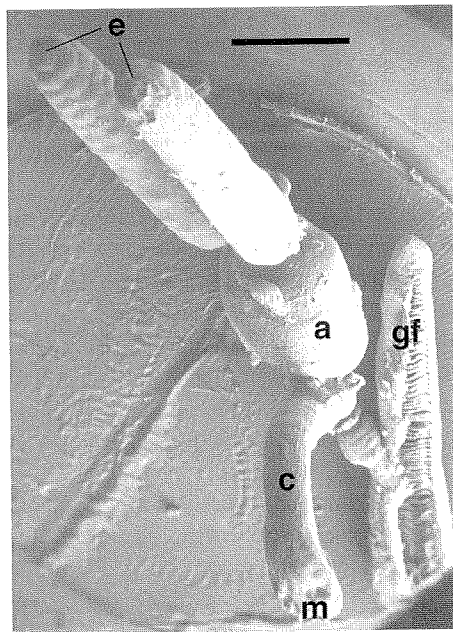


Figure 4 : Le copépode *Clavella adunca* sur un filament branchial (gf). Microscopie électronique à balayage. Bouche, m; céphalothorax, c; abdomen, a; sacs ovigères, e. Échelle = 1 mm.

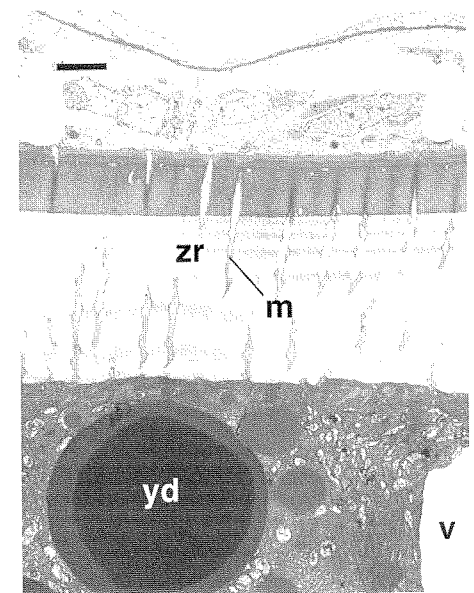


Figure 6 : Périphérie de l'ovocyte en développement. Microscopie électronique à transmission. Zona radiata, zr; microvillosités des pores de la zona radiata, m; vésicule, v; gouttelette de vitellus, yd. Échelle = 2 μm.

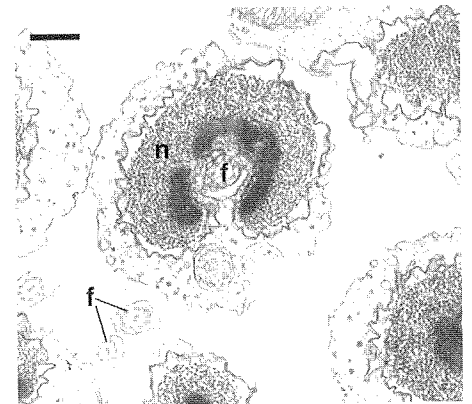


Figure 7 : Spermatozoïdes en maturation. Microscopie électronique à transmission. Noyau, n; coupe transversale d'un flagelle, f. Échelle = 500 nm

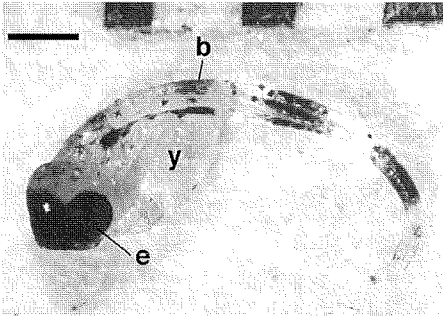


Figure 8 : Larve de morue, pic d'éclosion. Bande pigmentée marquant le corps, b; oeil, e; vésicule vitelline, y. Échelle = 0,5 mm

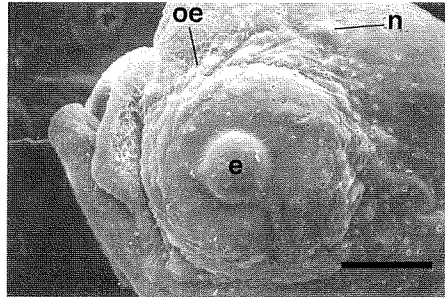


Figure 12 : Tête d'une larve de 2 jours. Microscopie électronique à balayage. Oeil, e; neuromaste, n; épithélium olfactif, oe. Échelle = 100 mm

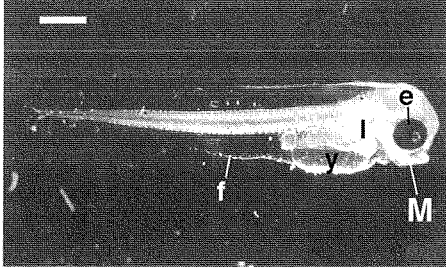


Figure 9 : Larve de morue, trois jours après l'éclosion. Fond sombre. Oeil, e; cartilage de Meckel, M; foie, l; vésicule vitelline, y; nageoire embryonnaire, f. Échelle = 1,0 mm

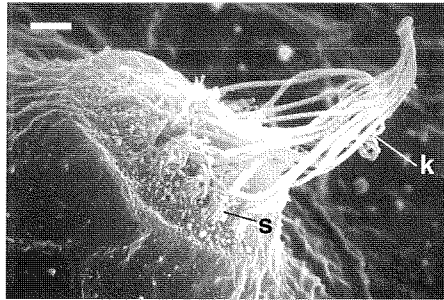


Figure 13 : Neuromaste de la tête chez une larve de 44 jours. Microscopie électronique à balayage. Kinocil, k; stéréocil, s. Échelle = 2 mm

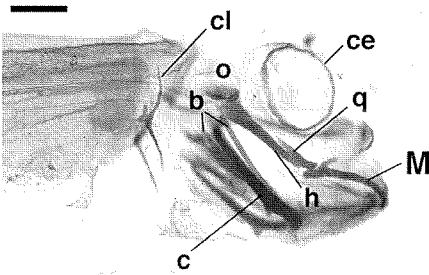


Figure 10 : Larve de 9 jours, coloration du cartilage et des os. Cartilage entourant l'oeil, ce; capsule otique, o; cartilage de Meckel, M; hyposymplectique, h; carré, q; cératohyal, c; arc branchial, b; cleithrum de la ceinture scapulaire, cl. Échelle = 500 mm.

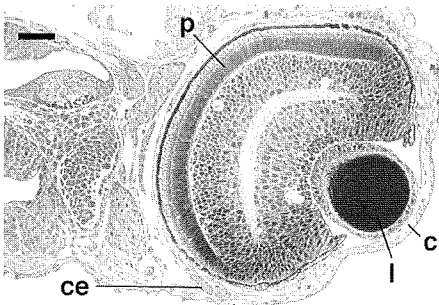


Figure 11 : Coupe de l'oeil d'une larve, pic d'éclosion. Larve incluse dans la résine JB4, coupe de 1 mm et coloration au bleu de toluidine. Cristallin, L; photorécepteurs de la rétine, p; cornée, c; anneau cartilagineux autour de l'oeil, ce. Échelle = 50 mm

composée de cellules spécialisées accompagnées de mitochondries très tassées et remplie de nombreux tubules lisses; elle aurait une fonction endocrinienne. L'ablation des pseudobranchies provoque le noircissement du poisson; aussi semble-t-il qu'elles contrôlent les chromatophores; l'ablation réduit également la sécrétion de gaz par la vessie natatoire. On a trouvé des nodules de Loma branchialis dans certaines pseudobranchies, et quelques morues présentaient des tumeurs des pseudobranchies (Morrison et al., 1982). Les tumeurs étaient formées de cellules arrondies à noyau rond et à nucléole proéminent, ce qui pourrait être des protozoaires.

### Atlas 3 : Appareil reproducteur (Morrison, 1990)

Des illustrations en couleur et en noir et blanc montrent l'apparence macroscopique et l'histologie des différents stades de maturité ainsi que l'ultrastructure du développement des oocytes et des spermatozoïdes (fig. 6 et 7). On traite des problèmes de détermination du stade, comme la différenciation entre un poisson

vierge et un poisson au repos; les stades sont décrits dans un tableau. Des kystes de Loma branchialis disséminés dans tous les organes de certaines morues étaient les seules anomalies décelées dans les études menées pour la réalisation de l'atlas (Morrison, 1983). Depuis, nous avons relevé la présence d'Ichthyophonus hoferi, qui serait un champignon, dans les gonades de certaines morues.

### Atlas 4 : Histologie des larves de morue (Morrison, 1993)

Le dernier atlas, qui porte sur l'histologie des larves de morue, est le plus important et le plus ambitieux. Les systèmes d'organes sont décrits aux différents stades de développement, de la façon la plus détaillée possible. Les larves élevées à la Station biologique de St. Andrews par Dr Neilson ont servi d'échantillons pour la réalisation de cet atlas. La pigmentation (fig. 8) et la morphologie macroscopique (fig. 9) sont illustrées; pour montrer le squelette en développement, nous avons utilisé une modification de la coloration du cartilage et des os utilisée chez les gros animaux (fig. 10). Nous avons eu recours à des techniques histologiques pour montrer la structure des organes (fig. 11). La surface des larves a été étudiée au microscope électronique à balayage, à faibles grossissements (fig. 12), puis à forts grossissements, afin de montrer les détails d'éléments comme les neuromastes (fig. 13). L'ultrastructure interne a été étudiée au microscope électronique à transmission (fig. 14).

### Références

- FIEBIGER, J. 1913. Studien ueber die schwimmbblasen-cocciden der Gadusarten (Eimeria gadi n. sp.). Arch. Protistenk. 31: 95-137.
- KHAN, R.A. and D. LACEY. 1986. Effect of concurrent infections of Lernaecocera branchialis (copepoda) and Trypanosoma murmanensis (protozoa) on Atlantic cod, Gadus morhua. J. Wildl. Dis. 22: 201-208.
- MacLEAN, S.A., C.M. MORRISON, R.A. MURCHELANO, S. EVERLINE and J.J. EVANS. 1986. Cysts of unknown etiology in marine fishes of the Northwest Atlantic and Gulf of Mexico. Can. J. Zool. 65: 296-303.
- MORRISON, C.M. 1983. The distribution of the microsporidian Loma morhua in tissues of the cod Gadus morhua L. Can. J. Zool. 61: 2155-2161.

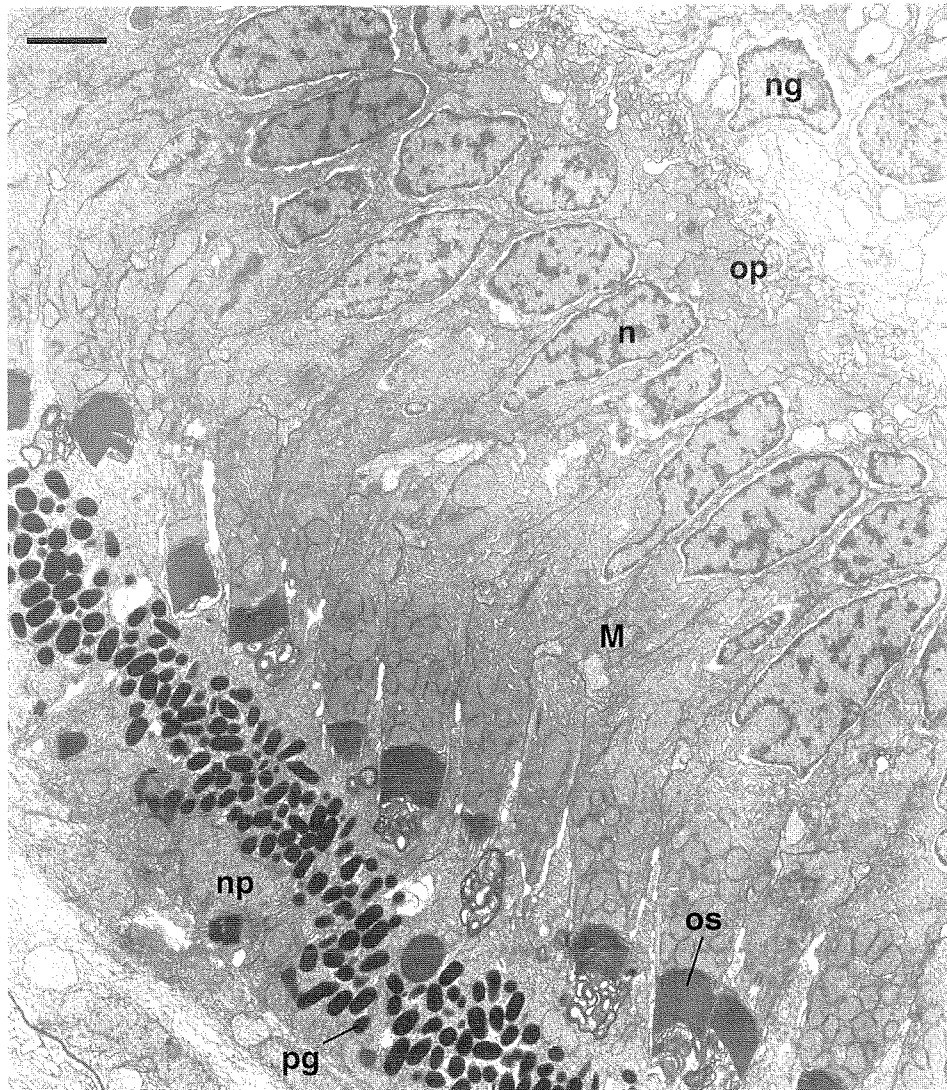


Figure 14 : Photorécepteurs de l'oeil chez une larve de 1 jour. Microscopie électronique à transmission. Noyau d'un photorécepteur, n; segment externe d'un photorécepteur, os; noyau d'une cellule pigmentaire, np; granule pigmentaire, pg; cellule de Müller, M; couche plexiforme externe, op; noyau d'une cellule ganglionnaire, ng. Échelle = 2 µm.

MORRISON, C.M. 1987. Atlas d'histologie de la morue franche, *Gadus morhua*. Première partie. Tube digestif et organes annexes. Publ. spéc. can. sci. halieut. aquat. 98 : 219 p.

MORRISON, C.M. 1988. Atlas d'histologie de la morue franche, *Gadus morhua*. Deuxième partie. Appareil respiratoire et pseudobranchies. Publ. spéc. can. sci. halieut. aquat. 102 : 91 p.

MORRISON, C.M. 1990. Atlas d'histologie de la morue franche, *Gadus morhua*. Troisième partie. Organes reproducteurs. Publ. spéc. can. sci. halieut. aquat. 110 : 177 p.

MORRISON, C.M. 1993. Atlas d'histologie de la morue franche, *Gadus morhua*. Quatrième partie. Eleuthéro-embryon et larve. Publ. spéc. can. sci. halieut. aquat. 119 : 496 p.

MORRISON, C.M. and V.M. MARRYATT. 1990. Coccidia found in some marine finfish off Nova Scotia, p. 165-174. In F.O. Perkins and T.C. Cheng [ed.] Pathology in Marine Science. Academic Press Ltd., San Diego.

MORRISON, C.M., G. SHUM, R.G. APPY, P. ODEENSE, and C. ANNAND. 1982. Histology and prevalence of X-cell lesions in Atlantic cod (*Gadus morhua*). Can. J. Fish Aquat. Sci. 39: 1519-1530.

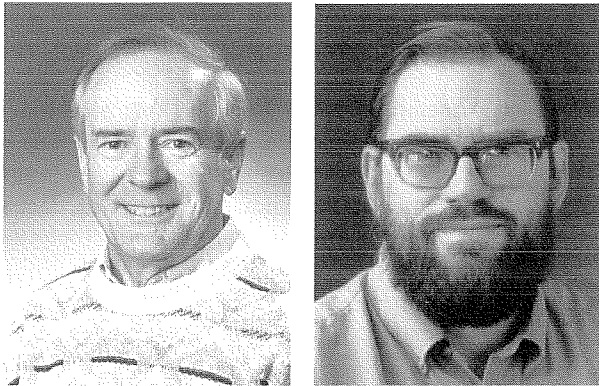
MORRISON, C.M. and V. SPRAGUE. 1981. Electron microscopical study of a new genus and a new species of microsporidia in the gills of Atlantic cod *Gadus morhua* L. J. Fish Dis. 4: 15-32.

ODENSE, P.H. and V.H. LOGAN. 1976. Prevalence and morphology of *Eimeria gadi* (1913) in the haddock. J. Protozool. 23: 564-571.

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* L. and *Hexamita salmonis* Moore from brook trout *Salvelinus fontinalis* (Mitchill). J. Protozool. 37: 369-383.

# Profilage de la couche de surface océanique par instruments remorqués

J.-G. Dessureault and R.A. Clarke



J.-G. Dessureault

R.A. Clarke

## Contexte

Depuis plus d'un siècle, des navires océanographiques recueillent de l'information sur la couche de surface océanique. Ces navires se déplacent à des vitesses inférieures à celles d'un cycliste en ville et, lorsqu'ils occupent une station océanographique, leur vitesse moyenne est réduite à celle d'un piéton. C'est sans doute pourquoi on ne peut pas reprocher aux océanographes d'avoir suréchantillonner un phénomène à l'étude.

Les océanographes connaissent depuis longtemps les limites de leurs navires et de leurs outils. En 1937, Spilhaus a mis au point le bathythermographe, instrument capable d'obtenir des profils de température jusqu'à une profondeur de 275 mètres. On a rapporté que des bâtiments de guerre ont effectué des largages bathythermographiques à des vitesses dépassant 25 noeuds, en prenant probablement certains risques. À la fin des années 50 et au début des années 60, les ingénieurs ont commencé à concevoir et à mettre au point des instruments électroniques d'observation océanographique. Les appareils qui servaient à mesurer les champs de température de la couche de surface océanique ont été parmi les premiers à présenter une certaine utilité dans le domaine. On pouvait les regrouper en trois catégories.

La chaîne de thermistances remorquées comprenait un grand nombre de

thermistances réparties le long d'un câble déroulé à l'arrière d'un navire se déplaçant à une vitesse de quelques noeuds. L'extrémité du câble était maintenue à une profondeur déterminée par un poids ou un dépresseur, et l'instrument fournissait des données de température (t) en fonction du temps (distance) à certaines profondeurs établies. Ces chaînes de température, utilisées pour étudier les ondes internes dans les 100 mètres supérieurs de la colonne d'eau, ont été rapidement abandonnées.

Étant donné que chaque thermistance était raccordée à un conducteur isolé et relié au navire et au matériel d'enregistrement, les systèmes étaient difficiles à entretenir et à étalonner. Cependant, ils fournissaient la haute résolution spatiale horizontale nécessaire à l'étude du phénomène des ondes internes.

L'Institut océanographique de Bedford (IOB) a mis au point le BATFISH; un engin de profilage remorqué, l'un des premiers qui aient été commercialisés (Dessureault, 1976), était capable de profiler les premiers 400 mètres de la colonne d'eau à des vitesses atteignant 10 noeuds. L'engin a d'abord été équipé d'un appareil de mesure de la conductivité, de la température et de la profondeur (CTD), mais on a amélioré la série de capteurs au fil des ans pour inclure un fluoromètre, un compteur de particules, un luxmètre et un compteur d'oxygène dissous. Ces engins, remorqués à l'aide de câbles rigides profilés pour réduire la résistance dans l'eau, doivent être équipés de puissants treuils et poulies spécialisés, ce qui limite leur utilisation aux gros navires de recherche. La pente des

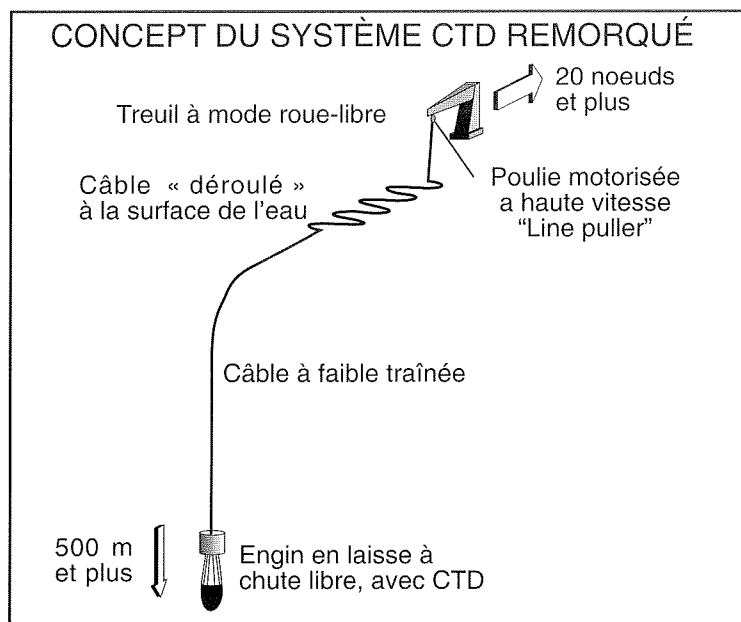


Figure 1 : Concept du système CTD remorqué

profils présente généralement un rapport inférieur à 1 sur 4. C'est pourquoi ces systèmes peuvent ramener l'échelle horizontale d'observation à quelques kilomètres seulement et sont très utiles pour étudier les fronts, les courants-jets et les tourbillons ainsi que la microrépartition biologique et les interactions entre le milieu physique, le phytoplancton et le zooplancton.

Enfin, il existe des sondes non récupérables qui peuvent être déployées à partir de navires ou d'avion. Elles peuvent mesurer la température, la conductivité, la vitesse du son et les profils de vitesse vectorielle à des profondeurs atteignant 1 500 mètres. Des millions de profils établis avec des bathythermographes (XBT) non récupérables ont servi de base à nos connaissances actuelles sur la climatologie mondiale des températures dans la couche supérieure océanique. Les XBT déployés par des navires marchands demeurent l'un des principaux outils offerts à la planification de programmes d'observation du climat océanique comme le Programme d'étude des océans tropicaux et de l'atmosphère du globe (TOGA), le Programme de la circulation atmosphérique planétaire (WOCE) et leur successeur, l'Étude de la variabilité du système couplé océan-atmosphère et de la prévision du climat (CLIVAR).

À elles seules, les données de température ne sont pas toujours suffisantes pour décrire la variabilité des couches superficielles et intermédiaires de l'océan. La densité est fonction de deux paramètres température et salinité. Les changements qui se produisent dans le bilan de l'eau douce dans les parties septentrionales de l'Atlantique Nord modèleraient la puissance de la convection de fin d'hiver et, de là, la circulation verticale de l'Atlantique, voire même celle de l'océan mondial. Les retards encourus dans le développement de sondes CTD non récupérables (XCDT) précises, abordables et fiables ont déçu les planificateurs du WOCE et du TOGA qui avaient inclus ce type de sondes dans leurs documents de planification.

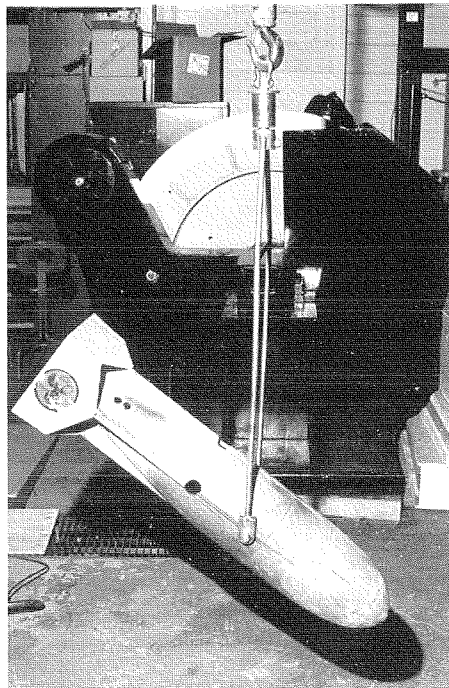


Figure 2 : Engin submersible (poisson) et treuil à l'arrière-plan

### Développement à l'IOB

Le développement à l'IOB d'un appareil de profilage remorqué est venu du besoin de fournir une solution de rechange à la technologie XCDT. Sur le plan conceptuel, ce nouveau système s'apparente au bathythermographe (fig. 1) sauf que l'appareil est plus lourd, qu'il est en forme de goutte d'eau et que les éléments mécaniques de détection et d'enregistrement sont remplacés par une petite unité CTD de pointe, robuste et autonome. De plus, le câble se déroule à une vitesse telle qu'une certaine longueur de ce dernier flotte librement à la surface. Il s'agit de la sonde CTD remorquée (MV-CTD).

La portée du bathythermographe était limitée à 275 mètres ou moins. Nous espérons mettre au point un appareil qui pourrait obtenir des profils jusqu'à 1 500 mètres ou plus et qui serait remorqué à des vitesses de croisière allant de 22 à 25 noeuds. L'appareil pourrait également être remorqué par des navires marchands et laissé sans surveillance. Il sera commandé par ordinateur, déploiement et récupération étant amorcés par une seule commande lancée de la passerelle par l'officier de quart.

Le prototype actuel comprend un appareil submersible (poisson) en laisse, à chute libre, une ancre flottante, un CTD, un câble, un dérouleur, une goulotte d'amarrage, un treuil et un ordinateur avec son logiciel de commande.

L'appareil submersible (fig. 2) est une pièce moulée en laiton, en forme de goutte d'eau, équipée d'une chape de queue stabilisatrice. Il mesure 1 mètre de long, pèse 80 kg et est suspendu par un étrier légèrement décalé vers l'arrière par rapport à son centre de gravité. L'étrier est conçu de telle sorte que l'engin entre et sort de l'eau tête première. Remorqué de cette manière, l'engin est très stable même lorsqu'il approche du navire et est soumis à la turbulence causée par les hélices. La chape de queue stabilisatrice a pour fonction additionnelle de protéger les capteurs CTD au moment de la récupération de l'appareil. Afin d'empêcher l'engin de balancer et de heurter l'arrière du navire quand on le sort de l'eau, une ancre flottante est rattachée à l'étrier. Sur le prototype, l'ancre flottante est déployée et récupérée manuellement. Pendant les opérations régulières, nous espérons que le commandant du navire consentira à laisser l'ancre flottante dans l'eau entre les largages. Cette dernière sera déployée par l'équipage, une fois en pleine mer, et récupérée à la fin du voyage quand le navire approchera de sa destination finale.

Le modèle Micro-CTD de la Falmouth Scientific Inc. a été retenu comme système de capteurs en raison de ses dimensions, de sa précision et de sa robustesse. Son capteur de conductivité inductive devrait être plus stable qu'un capteur à quatre électrodes en milieu opérationnel, en ce sens qu'il n'est pas nécessaire de nettoyer le capteur ni de le remplir d'eau distillée entre les profilages. Le CTD est commandé par un ordinateur Tattletale-8 qui, avec un bloc-piles et un modem radio, est contenu dans un boîtier pressurisé isolé dans l'unité submersible. L'ordinateur Tattletale-8 communique avec l'ordinateur à bord du navire par le biais d'un modem radio lorsque l'appareil est dans sa goulotte. Au début du largage, le Tattletale met le CTD en marche pendant 8 minutes, recueille et garde les données CTD. À la récupération, et en réponse à une commande transmise via le

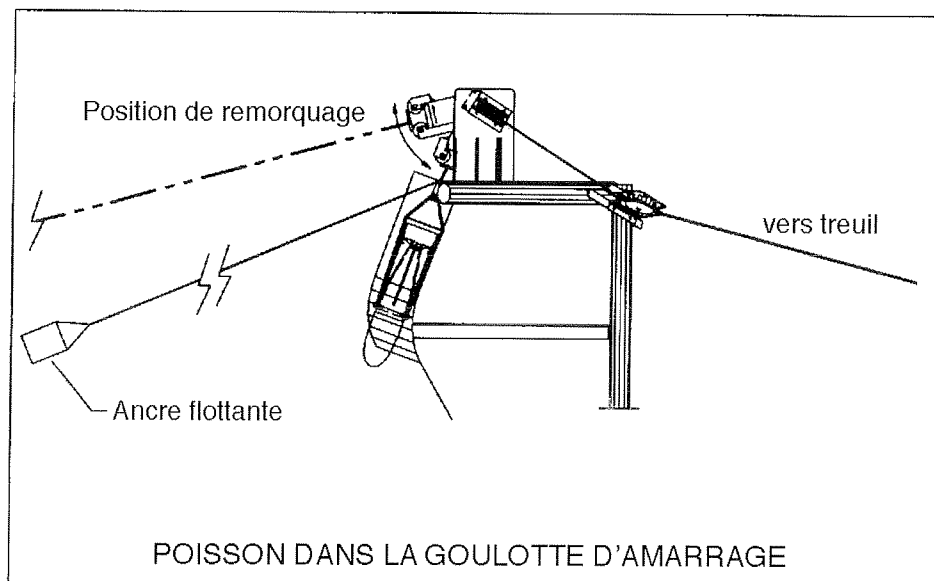


Figure 3 : Vue latérale du bossoir, du dérouleur et de la goulotte d'amarrage

modem radio, le Tattletale télécharge les données dans l'ordinateur de bord et se met en état de veille. Cet état de veille permet au bloc-piles du Tattletale de fournir suffisamment d'énergie pour effectuer mille profils pendant des semaines. Ainsi il n'est pas nécessaire d'ouvrir le boîtier pressurisé pour remplacer les piles au cours d'une expédition courante en mer.

Le dérouleur « tire » le câble enroulé sur le tambour à roulement libre, à une vitesse déterminée, et le pousse dans l'eau. Il est équipé de rouleaux presseurs de 30 cm de diamètre dont un est actionné mécaniquement. Le dérouleur est monté sur un axe en travers du navire. Il peut ainsi pivoter de sorte que le plan de l'unité reste parallèle au câble quand le poisson est récupéré à l'arrière du navire. Le dérouleur doit pouvoir fonctionner à grande vitesse. Un déploiement à partir d'un navire se déplaçant à 22 noeuds nécessite une capacité de déroulement de plus de 17 m@s-1.

Étant donné que le dérouleur à grande vitesse doit littéralement « pousser » le câble dans les eaux agitées, ce dernier doit être suffisamment souple pour éviter les tortillements. Le câble subit sa plus forte tension au début du processus de récupération de l'appareil (poisson). En effet, il absorbe d'abord la traînée exercée sur le poisson et sur lui-même, puis la résistance tangentielle, laquelle est le résultat de la vitesse de récupération du

treuil et de la vitesse du navire. C'est à ce moment que le câble peut alors atteindre facilement sa charge limite de rupture. Par conséquent, le câble doit avoir une grande solidité par rapport à son diamètre et présenter un faible coefficient de résistance tangentielle. Celui-ci réduit le ralentissement de la vitesse de descente du poisson et diminue la tension pendant la récupération.

La résistance tangentielle exercée sur un câble est nettement inférieure à sa résistance transverse. Par conséquent, un corps profilé évoluant à grande vitesse terminale aura tendance à tirer sur son câble à la surface de l'océan pour ensuite le ramener derrière lui à la verticale quand il tombe. L'eau agit comme une poulie virtuelle au point d'entrée du corps dans l'eau. Ce processus

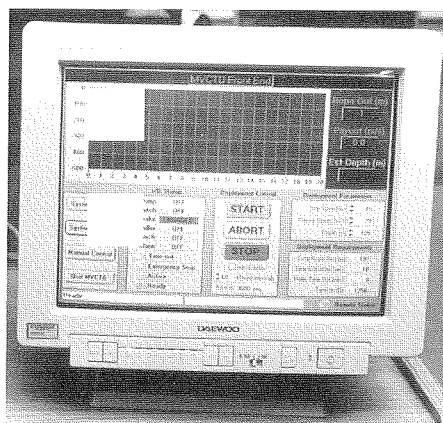


Figure 4 : Écran de l'ordinateur de commande

est amplifié quand le treuil et le mécanisme de déroulement du câble sont capables de filer le câble à la surface de l'eau à une vitesse supérieure ou égale à la somme de la vitesse du navire et de celle de la chute du poisson dans l'eau. Le même phénomène signifie que, lorsque le mécanisme cesse de filer le câble et commence à le ramener vers le navire, le poisson remonte à la verticale vers la surface à une vitesse quasi équivalente à la somme de la vitesse du navire et de celle du treuil. Par conséquent, un tel système permet de réaliser des profils vers le haut et vers le bas à proximité de l'emplacement où la sonde a été mise à l'eau.

Au début des travaux de conception de ce système, nous avons décidé de ne pas utiliser un câble électromécanique car nous avions des doutes sur sa fiabilité dans les cas d'opérations sans surveillance. Nous étions préoccupés par trois aspects. Il y avait d'abord le point d'entrée du câble dans le poisson puisque ce dernier doit pouvoir pivoter d'au moins 180° autour de son axe. Ensuite venait la fiabilité des conducteurs électriques dans un câble déployé sans aucune tension mais qui subissait soudainement sa charge limite au moment de la récupération. Finalement, il y avait la nécessité éventuelle d'installer un pivot sur le poisson. Dans la série de tests effectués jusqu'à maintenant, nous avons utilisé un câble en fibre aramide de 8 mm de diamètre à isolation tressé, avec une charge limite de rupture de 36 kN. Pour les opérations à plus grande vitesse et pour obtenir une plus grande marge de sécurité, nous utiliserons un câble de diamètre plus élevé (11 mm) qui, éventuellement, nécessitera une gaine en uréthane unie pour réduire le coefficient de résistance tangentielle.

Il faudra utiliser un câble électromécanique dans le cadre des opérations nécessitant l'obtention de données en temps réel. Brooke Ocean Technology Ltd travaille présentement à la conception d'un système modifié, pour utilisation avec des sondeurs multifaisceaux, qui sera remorqué par câble électromécanique en vue d'obtenir des profils de vitesse vectorielle fiables. Le système en cours de conception sera utilisé à une profondeur de 100 mètres, à une vitesse de 10 noeuds.

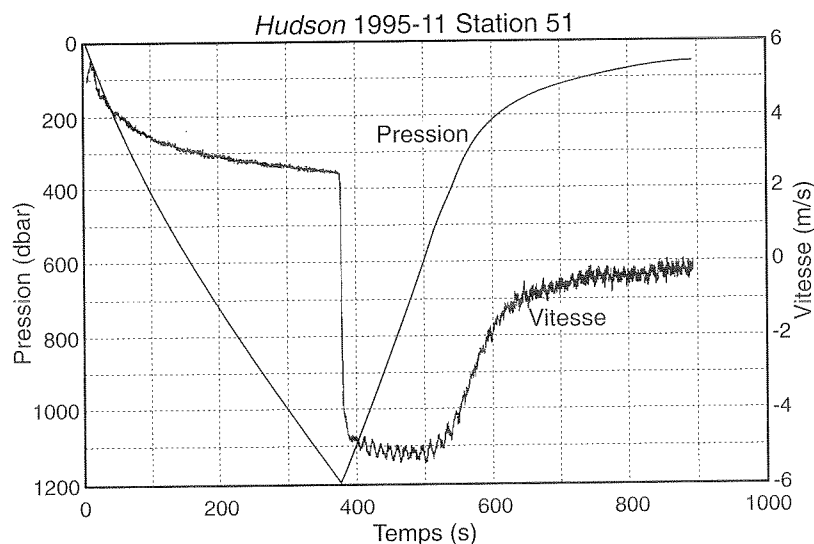


Figure 5 : Profondeur et vitesse en fonction du temps pour un largage à 1 200 m à 10 noeuds (nsc Hudson; juin 1995)

Le bossoir et la goulotte d'amarrage (fig. 3) constituent une unité intégrée qui a été conçue pour en simplifier l'installation sur divers types de navires. Le bossoir repose sur un socle fixé à la rambarde par des entretoises. Il est relié à deux poulies qui permettent de faire défiler le câble du treuil jusqu'au dérouleur, lequel est installé juste au-dessus de la goulotte d'amarrage. Ces poulies permettent de placer le treuil dans diverses positions par rapport à la goulotte d'amarrage et, par conséquent, d'adapter le système à diverses configurations de ponts de navires. La goulotte est un berceau métallique dont les extrémités extérieures, courbées et évasées, se prolongent au-delà

et au-dessous du rebord du bastingage arrière du navire. Entre les prises de profils, le poisson demeure dans la goulotte sans qu'il soit nécessaire de le fixer ou de le verrouiller en place.

Le tambour du treuil a un diamètre imposant (1 m) afin de diminuer le nombre de couches de câble et ainsi réduire la pression d'écrasement et simplifier l'enroulement. Le treuil peut recevoir un câble de 3 000 mètres de long et récupérer le poisson à une vitesse de 1,4 m@s-1 avec une force de traction de 14 kN. Le treuil actuel est actionné par moteur électrique. Le prochain modèle le sera par moteur

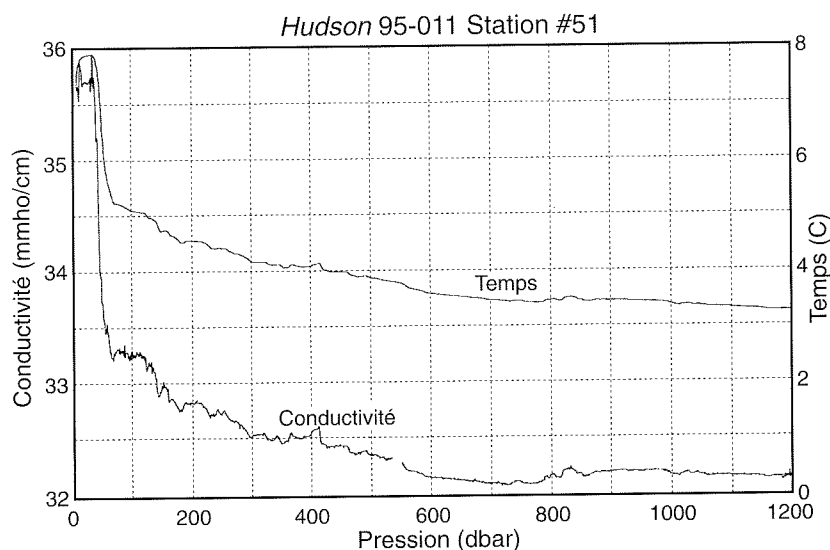


Figure 6 : Largage du MV-CTD à 1 200 m, à une vitesse de 10 noeuds. Graphique montrant la température et la conductivité en fonction de la pression

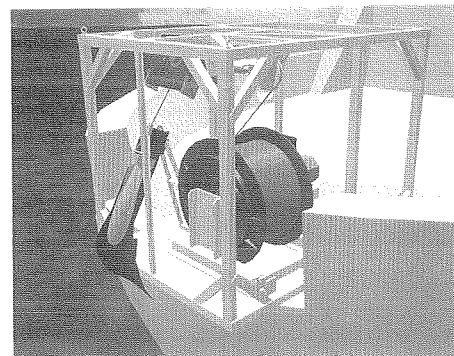


Figure 7 : Vue créée par ordinateur de la deuxième génération de l'unité de pont MV-CTD

hydraulique à puissance partagée pour commander le dérouleur. Cette modification permettra d'atteindre des vitesses de récupération plus élevées. Présentement, le poisson atteint une profondeur de 600 mètres en 160 secondes; la récupération du câble et du poisson se fait en 15 minutes.

L'ordinateur de bord met le CTD en marche par liaison radio établie par modem, commande le treuil et le dérouleur pour les opérations de déploiement et de récupération, recueille les données du CTD et place l'unité submersible en état de veille entre les prises de profil. Le logiciel fonctionne sous Windows 3.1 et sur un ordinateur Intel 486,33 MHz.

Le programme évalue un modèle mathématique qui décrit les forces exercées sur le poisson et sur le câble pendant toutes les étapes de déploiement et le début de la récupération. La figure 4 montre un écran type. L'opérateur entre la vitesse du navire, la vitesse de fonctionnement du treuil et la profondeur de profilage visée. Le programme calcule la longueur de câble requise pour que le poisson atteigne la profondeur voulue. Quand le navire avance plus rapidement, la longueur du câble est limitée par la force de traction maximale nécessaire au début de l'opération de récupération du poisson. Le programme calcule cette force de traction d'après le coefficient de résistance, le diamètre du câble, la longueur de câble déroulé et la vitesse du navire.

Dans la version actuelle du logiciel, l'opérateur doit entrer un programme distinct pour mettre l'ordinateur en marche

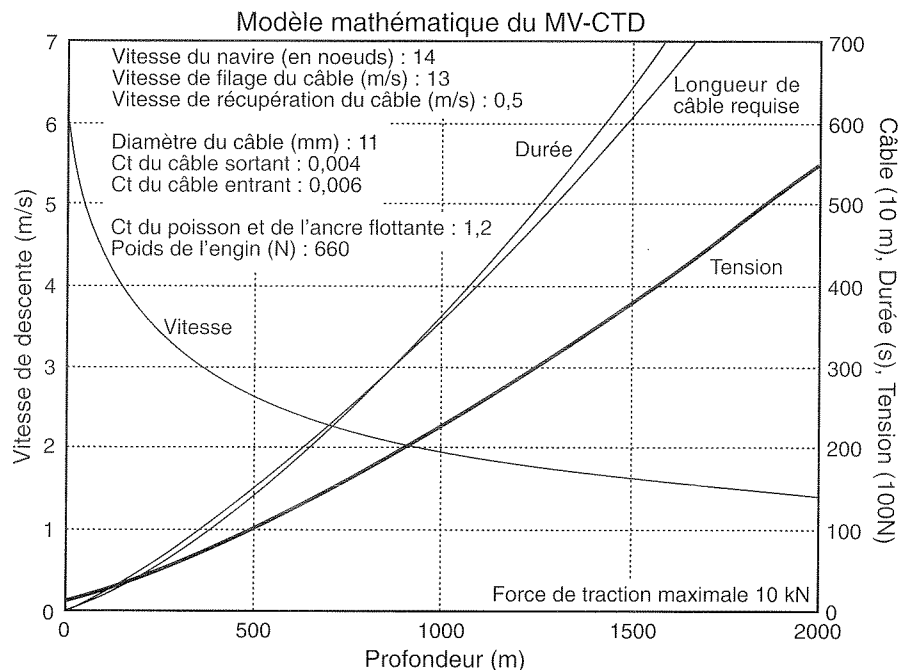


Figure 8 : Performance prévue à 14 noeuds. Un largage à une profondeur de 500 m nécessite une longueur de câble de 1 600 mètres. En début de récupération, la tension de câble est donc de 10,5 kN

dans l'unité submersible et faire démarrer le CTD. Ensuite, de retour au programme de commande du treuil, l'opérateur actionne un simple commutateur de démarrage pour amorcer le cycle complet de déploiement et de récupération du poisson par le dérouleur et le treuil. L'opérateur peut en tout temps mettre fin à une prise de profil en appuyant sur un bouton d'arrêt d'urgence sur l'écran de l'ordinateur. Ce bouton permet d'arrêter le fonctionnement du dérouleur ou du treuil, au moyen d'un frein. L'interrupteur d'urgence installé sur l'unité hydraulique remplit la même fonction.

Eventuellement, nous envisageons l'installation d'un logiciel dans un ordinateur sur la passerelle d'un navire d'observation bénévole. Cet ordinateur, qui serait interfacé au système de navigation du navire, connaîtrait par conséquent la vitesse de ce dernier. Il pourrait aussi savoir quand prendre des profils et simplement demander à l'officier de quart si le moment est approprié. L'ordinateur de bord pourrait alors exécuter toute l'opération y compris la création et la transmission d'un message d'observation de température/salinité/courant (TESAC) décrivant le profil de température/salinité.

### Résultats en mer

Le prototype a été utilisé dans le cadre de deux missions WOCE (octobre et novembre 1994, juin et juillet 1995) dans l'Atlantique nord-ouest, dans le bassin de Terre-Neuve, à bord du nsc Hudson. Le système a été testé au cours de deux missions antérieures, à bord du nsc Parizeau. Au cours de la mission d'octobre, les chercheurs ont utilisé le système pour obtenir dix-sept profils CTD à des vitesses variant entre 7,8 et 13 noeuds (fig. 5). Le système a bien fonctionné, mais il n'était pas suffisamment rodé pour permettre à l'officier de quart d'accéder à son logiciel de commande. Nous avons constaté avec plaisir que le second capitaine et le manoeuvrier, loin de s'inquiéter pour le tableau arrière du nsc Hudson, ont admiré autant la conception du système que son fonctionnement.

Nous avons des inquiétudes pour le fonctionnement du détecteur de conductivité. Serait-il affecté par le fait qu'il était installé à l'intérieur du poisson, lequel est en laiton, et à proximité du protecteur de chape de queue en aluminium? L'ensemble a été testé en suspendant le poisson contenant le CTD et son matériel électronique connexe à 1,3 m sous notre système CTD Seabird pour mer

profonde et en prenant deux profils à 600 mètres. Les profils de salinité obtenus par le poisson avec le CTD FSI présentaient un écart de 0,06 PSU (Unité de salinité pratique) seulement.

Au cours des tests réalisés en novembre 1994, nous avons constaté qu'à vitesse réduite (et par mer houleuse) il fallait réduire la vitesse de déroulement du câble pour éviter qu'il ne s'emmêle. C'est pourquoi une commande de vitesse sera intégrée dans les versions futures du logiciel de commande. Il s'agit d'une importante caractéristique parce que nous avons observé que nous pouvions continuer de réaliser des profils avec ce système quand le navire était mis en panne en raison des conditions météorologiques.

En juin 1995, nous avons utilisé un câble plus long (3 000 mètres) et effectué 3 largages, à 1 100 et 1 200 m, à une vitesse de 10 noeuds. Au cours du quatrième largage, le câble s'est rompu et nous avons perdu le poisson en début de mission. Nous utiliserons donc un câble plus solide et un amortisseur pour prévenir un autre incident du genre.

### Vers une deuxième génération

La conception d'un système de deuxième génération est en cours. La figure 8 en montre une représentation générée par ordinateur. Tous les composants sont intégrés sur un seul châssis, ce qui simplifie le transport et l'installation du système sur tous les types de navires. Sa largeur et sa hauteur permettent de le placer dans un conteneur standard d'expédition. La distance étant courte entre le treuil et le dérouleur, le treuil se déplace d'avant en arrière sur des rails, en synchronisme avec le câble qui s'enroule sur le tambour.

Le nouveau câble sera du type électromécanique et pourra transmettre les données du CTD à mesure qu'elles seront recueillies. Cet avantage et l'élimination du modem radio et des piles justifient le coût supplémentaire du câble. Un modèle mathématique (fig. 7) montre qu'à une vitesse de 14 noeuds, il est possible de réaliser un largage à 500 mètres avec une tension maximale sur le câble de 10 kN.



Dans les années à venir, ce système sera installé sur nos navires, qui recueilleront ainsi des données sur la couche de surface océanique durant leurs déplacements aller-retour pour la réalisation d'une variété de programmes de recherche dans diverses zones de travail.

### Remerciements

Ce projet a été financé par l'entremise du projet sur les changements climatiques du Plan vert du Canada. B.D. Beanlands, E.F. Phillips et N. Rice étaient responsables de la conception et de la mise au point des commandes informatiques et des aspects se rapportant au traitement des données du système. On a fait appel à la société Brooke Ocean Technology Ltd pour la conception détaillée et la construction du treuil et du dérouleur. Omnitech Electronics Inc. a participé à la conception du système de commande. L'enthousiasme et l'appui de

nos collègues, notamment pendant certaines tentatives initiales qui ont échoué, ont été des plus appréciés.

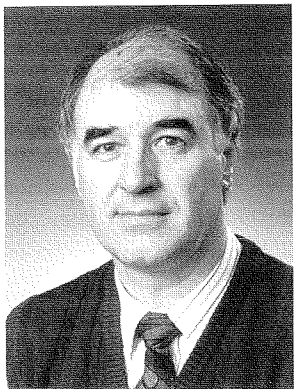
### Référence

DESSUREAULT, J.-G. 1976. ?BATFISH@ A depth controllable towed body for collecting oceanographic data. *Ocean Engng.* 3; 99-111.

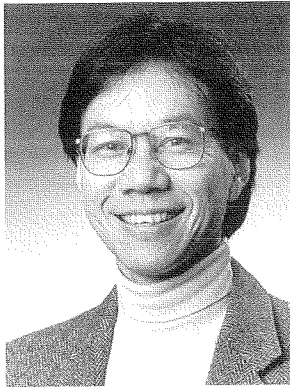
---

## De nouveaux outils au service de la science

D.F. Dinn, M.B. Chin-Yee, G.D. Steeves



D.F. Dinn



M.B. Chin-Yee



G.D. Steeves

### Introduction

On décrit souvent l'ingénierie comme étant l'application de la science au profit de la collectivité. Aujourd'hui, l'halieutique et l'océanographie, comme la plupart des sciences modernes, s'appuient sur du matériel d'avant-garde mis au point pour répondre à des besoins de recherche particuliers. Dans la Région Scotia-Fundy (qu'on appelle aujourd'hui la Région des Maritimes), on peut démontrer avec con-

viction que le programme scientifique en soi dépend surtout de l'ingénierie pour élaborer et tester intégralement les nombreuses hypothèses sur les océans et sur les ressources renouvelables qu'ils contiennent. Un grand nombre de programmes de recherche et opérationnels en cours dans la région reposent sur le travail du personnel du génie et de la technologie pour concevoir, mettre au point, construire, installer, tester et entretenir du matériel

unique destiné à un large champ d'utilisations allant de la prise de mesures à la collecte de données. Pendant des décennies, les recherches portant sur la physique des océans et des fonds marins ont été fortement épaulées par le génie électronique et mécanique. Au cours des dix dernières années, la recherche biologique a fait de plus en plus appel à ces disciplines pour traiter des questions concernant l'habitat, la production primaire dans les océans et les pêches.

### Climat de travail

Les chercheurs qui oeuvrent dans des domaines aussi diversifiés que la physique et la chimie des océans, l'hydrographie, la biologie marine, l'aquaculture et la géophysique marine dépendent d'un monde d'ingénieurs et de techniciens - tant du secteur public que privé - pour trouver l'appui essentiel à l'exécution de leurs programmes. Au fil des ans, le personnel d'appui technique a joué un rôle clé dans la création et le rassemblement d'une foule d'instruments et de dispositifs qui ont

judicieusement servi à recueillir, à mesurer, à observer et à enregistrer tous les types d'information à l'interface air/eau, dans la colonne d'eau, sur les fonds marins ainsi que dans les sédiments et les strates des sous-fonds marins.

La clé du progrès repose sur une approche collégiale dans le cadre de laquelle les ingénieurs et les scientifiques en viennent à comprendre leurs besoins mutuels. Ensemble, ils font face aux réalités du financement et aux calendriers d'exécution des projets. Les entreprises fructueuses ont démontré que les deux groupes, ingénieurs et scientifiques, doivent établir une relation très interactive et symbiotique dans leurs quêtes de solutions. Pour réussir dans la mise au point et l'utilisation efficace d'outils spécialisés pour des projets scientifiques, les relations doivent en général être à long terme. Cet aspect est important parce que, dans la réalité courante, où la recherche sur les océans et les pêches dépend souvent des données recueillies pendant de nombreux cycles annuels et où les possibilités annuelles de collecte de données en mer sont limitées, les progrès prennent une allure plus évolutive que révolutionnaire. Par conséquent, la perspective à long terme constitue la seule avenue réaliste.

## Besoins

Les scientifiques tentent de trouver des réponses à une multitude de questions pour essayer de comprendre les processus océaniques. Les contributions à la présente Revue font état d'un certain nombre d'études actuellement en cours. L'impact de l'activité humaine sur le changement climatique mondial, l'effet de la circulation océanique à grande échelle et du mélange des eaux à micro-échelle sur l'abondance du poisson, les effets des substances nocives dans l'eau et dans les sédiments ainsi que la cartographie des ressources sous-marines, sont quelques-uns des domaines où les chercheurs tentent de trouver des réponses. Pour les obtenir, les scientifiques doivent avoir en main les outils qui leur permettront de recueillir l'information requise et d'effectuer les mesures nécessaires. Certains de ces outils, notamment la sonde de conductivité, de température et de profondeur (CTD) - l'instrument essentiel du physicien

océanographe pour la caractérisation des masses d'eau - sont disponibles sur le marché. Toutefois, un bon nombre des instruments spécialisés nécessaires au programme scientifique ne le sont pas. C'est dans des situations du genre que les scientifiques font équipe avec les ingénieurs et les techniciens pour créer des outils de collecte de données essentielles.

Les ingénieurs et les techniciens font partie intégrante de la recherche scientifique. Ils cherchent à résoudre efficacement les problèmes techniques qui, autrement, pourraient mettre en péril l'exécution d'un programme scientifique. Il arrive souvent que les problèmes soient d'une simplicité trompeuse sur le plan conceptuel. Il s'agirait par exemple de maintenir un instrument amarré entre deux eaux pendant un an. Dans certains programmes de recherche, les problèmes techniques sont complexes : comment évaluer l'impact de diverses activités de chalutage dans un secteur comme celui des Bancs de Terre-Neuve. Le problème consiste parfois à mesurer un paramètre scientifique sans bouleverser l'environnement. Comment par exemple mesurer le taux de croissance moyen des poissons dans des parcs d'aquaculture sans perturber ces poissons ni les empêcher de nager librement.

Les océans demeurent dans l'ensemble sous-explorés et, compte tenu des vastes zones côtières, des bancs de pêche et des régions arctiques du Canada, le recours à l'exploration scientifique et aux activités d'ingénierie va rester nécessaire dans un avenir prévisible.

## Approche

Pour résoudre un problème, les scientifiques doivent analyser l'information pertinente recueillie soit à même les sources existantes, soit à l'aide de méthodes connues, soit par des moyens dont les techniques restent à déterminer. Dans ce dernier cas, la technologie joue souvent un rôle clé pour permettre de trouver une solution au problème de collecte de données. La solution idéale devra être efficace et économique. Il arrive souvent que le travail technique et d'ingénierie soit effectué par une équipe désignée par le groupe de gestion et de services techniques (actuellement Services

techniques et soutien maritime de la CGC) et par l'organisation du client - la Région favorise la notion de « client averti » depuis de nombreuses années. Cette équipe travaille directement avec le personnel qui, dans le cadre d'un programme scientifique donné, se consacre à la conception et à la mise au point de l'équipement nécessaire. Les conseillers techniques et les entrepreneurs jouent également un rôle important dans le processus.

Il arrive souvent que l'équipe initialement constituée demeure rattachée à un projet pendant toutes les étapes de conception, de construction, d'expérimentation, d'essais en mer et de mise en service du matériel. Après cette dernière étape, le matériel est généralement exploité par le client. Les membres d'une équipe technique participent couramment à certaines étapes d'une expédition scientifique. Ils peuvent ainsi se tenir au fait des découvertes scientifiques et déterminer les types d'adaptation que leur modèle pourrait nécessiter pour répondre aux nouveaux besoins identifiés à la fin des essais. Cette approche met en relief la nature itérative et progressive de la science et de l'appui scientifique : de nouvelles connaissances suscitent de nouvelles questions.

## Transfert de technologie

La nécessité de trouver des solutions aux problèmes associés à la collecte de données et de mesures scientifiques a naturellement débouché sur la mise au point de certaines applications technologiques intéressantes et novatrices. Des entreprises du secteur privé se sont montrées intéressées par ces applications. Une telle situation a donné naissance à diverses entreprises conjointes (système manipulateur du submersible DOLPHIN, système de télémessure des marées) et donné lieu à des transferts de technologie (flotteur à remontée automatique, sonde CTD remorquée, échantillonneur remorqué BIONESS). Grâce à ces ententes, des entreprises canadiennes ont pu profiter des résultats découlant des travaux de recherche et de développement exécutés par les scientifiques et les ingénieurs du ministère des Pêches et des Océans (MPO) et soutenir avec succès la concurrence sur la scène internationale. En retour pour l'utilisation

des technologies mises au point par le MPO, les entreprises versent des redevances annuelles ou droits de licence d'exploitation (basés sur les ventes) au gouvernement fédéral. Il va sans dire que les entreprises comptent tirer financièrement profit de la commercialisation du produit fabriqué sous licence. De telles ententes couronné de succès la création d'emploi et la richesse nationale. De plus, les entreprises fructueuses élargissent l'assiette fiscale du gouvernement. C'est pourquoi on encourage fortement les employés à faire breveter leurs inventions et à demander des licences d'exploitation dans le cadre de la Loi sur les inventions des fonctionnaires.

### Quelques nouveaux outils

Échantillonneur vidéo du substrat benthique : Dans le but de mieux comprendre l'impact de la pêche au chalut sur l'habitat benthique, les biologistes ont besoin de matériel d'échantillonnage pour obtenir des images précises du fond marin à 300 m et pour prélever des échantillons de fond de 200 kg destinés à des analyses quantitatives. Les dispositifs d'échantillonnage utilisés jusqu'à maintenant procédaient à l'aveuglette et ne possédaient aucun moyen de faire une présélection de zones d'échantillonnage intéressantes ou particulières. L'élimination de cette insuffisance revêtait une importance capitale dans le cadre de l'étude proposée.

L'échantillonneur vidéo du substrat benthique (fig. 1) et son treuil de déploiement ont été conçus pour relever ce défi. Trois aspects importants placent le dispositif dans une classe à part : a) le dispositif est descendu sur le plancher océanique, avec sa benne-preneuse ouverte à 20 cm au-dessus du fond marin. On donne du mou au câble ombilical, de sorte que la benne-preneuse repose sur le fond sans être soumise aux effets du mouvement du navire, et la zone d'échantillonnage ne subit aucune agitation; b) une caméra vidéo en couleur à haute résolution installée au-dessus de la benne ouverte permet à l'opérateur d'observer en temps réel la zone du fond marin à échantillonner; c) la commande d'ouverture et de fermeture de la benne-preneuse peut être lancée à partir du navire, ce qui donne à l'opérateur la

possibilité de conserver ou de rejeter les échantillons. L'agitation provoquée par la « vague d'avant », créée par la descente du dispositif, est atténuée par la forme profilée de la partie frontale de l'échantillonneur lorsque la benne-preneuse est entièrement ouverte.

Le prélèvement d'un échantillon est amorcé par un coup de bélier hydraulique qui provoque l'enfoncement graduel de la benne-preneuse dans le substrat benthique avec une force pouvant atteindre 1 tonne, ce qui est plus que suffisant même sur des fonds relativement durs. À plein enfoncement de la benne, le volume de l'échantillon est de 0,06 m<sup>3</sup> (2,4 pi<sup>3</sup>). L'échantillonneur est équipé d'un couvercle, qui se referme pendant la prise d'échantillon. Cette mesure empêche les fractions à grain fin de l'échantillon d'être entraîné pendant la remontée.

Une caméra noir et blanc à photosensibilité élevée est orientée vers le bas et à l'avant de l'échantillonneur. Ce dernier est suspendu au-dessus de l'eau par un câble de 30 brins conducteurs renforcé de kevlar. La caméra permet à l'opérateur d'avoir un meilleur champ de vision pendant les déplacements de l'échantillonneur au-dessus du plancher océanique. L'éclairage est assuré par deux lampes quartz-halogène de 500 watts. L'objectif de la caméra en couleur permet d'observer la

zone d'échantillonnage par la benne ouverte. Équipée d'une télécommande de mise au foyer, d'un zoom et d'une mise au point rapprochée, la caméra couleur permet d'observer les détails du fond marin. L'information vidéo ainsi que l'heure, la latitude et la longitude, fournies par le système différentiel de positionnement global (DGPS) sont enregistrées sur bande Super VHS. On peut monitorer les images du fond marin depuis le laboratoire de bord. Tout en surveillant le fonctionnement de l'échantillonneur et du treuil, le scientifique peut diriger la manoeuvre du navire, pendant que l'échantillonneur se déplace au-dessus du fond marin, à la recherche d'un site approprié pour déposer la benne-preneuse, prélever l'échantillon et remonter ce dernier à la surface.

Au cours des trois dernières années, des membres du MPO ont étudié périodiquement un site sur les Bancs de Terre-Neuve; ils représentaient les secteurs de l'écologie de l'habitat, de la physique des océans et des services d'ingénierie et techniques. Pour éclaircir pas à pas la situation des stocks de poissons sur la côte est du Canada, le travail soutenu des spécialistes et l'apport de la technologie ont un rôle essentiel à jouer. L'évaluation de l'ampleur des dommages que cause le chalutage à l'habitat et aux organismes marins, et de la période requise pour permettre à un secteur donné de retrouver sa condition initiale, pourrait bien être un facteur clé dans cette étude. La dernière expédition de l'Étude de l'impact du chalutage a eu lieu en juillet 1995. L'analyse de l'énorme quantité d'échantillons est en cours, et les premiers résultats ne sont pas encore concluants.

### Système vidéo de mesure du saumon :

La section d'aquaculture du poisson à la Station de biologie de St. Andrews, en collaboration avec le New Brunswick Salmon Grower's Association, était à la recherche d'un moyen qui permettrait d'évaluer périodiquement les taux de croissance statistique du saumon en mesurant la longueur des poissons dans les parcs d'aquaculture. Les chercheurs et les aquaculteurs ont un intérêt commun dans la croissance du poisson, qui est liée aux régimes d'alimentation et de température, à la génétique et à de nombreux autres facteurs. Dans le cadre des études

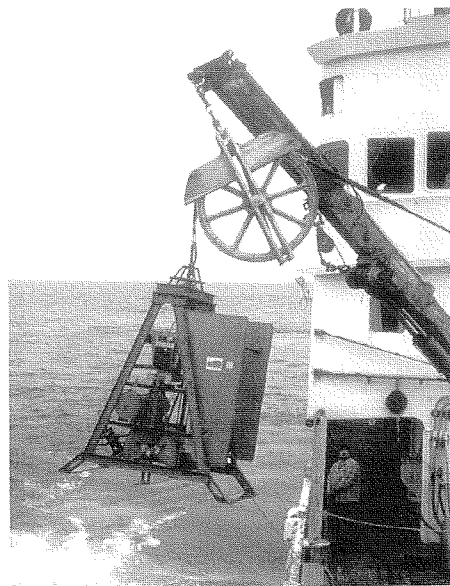


Figure 1 : Déploiement de l'échantillonneur vidéo du substrat benthique depuis le nsc Hudson.

antérieures, on retirait le poisson de son habitat pour le mesurer, ce qui provoquait un stress inacceptable et menait à des conclusions douteuses.

La photographie stéréoscopique combinée au calcul géométrique (ou photogrammétrie) ont longtemps été utilisées pour effectuer des mesures spatiales précises. Les images produites par deux appareils isolés, parallèles et orientés perpendiculairement au plan d'intérêt peuvent être analysées pour fournir des distances entre deux points. Les appareils à pellicule photographique ne conviennent pas au type d'application mettant en cause des spécimens vivants. L'opérateur de l'appareil doit avoir une vue en temps réel pour procéder à l'acquisition de la cible et pour orienter l'appareil photo. Mais plus encore, seules quelques paires d'images du poisson en mouvement seront géométriquement utiles pour l'analyse. Les caméras vidéo constituent une solution de rechange prometteuse. Avec des vitesses de balayage de trente trames à la seconde, deux caméras peuvent être synchronisées pour obtenir des images en simultanéité. En faisant converger deux images d'après une technique d'écran multifenêtres, l'image de l'œil gauche sur une moitié de l'écran et l'image de l'œil droit sur l'autre moitié, on obtient une image double qui convient parfaitement à l'analyse géométrique.

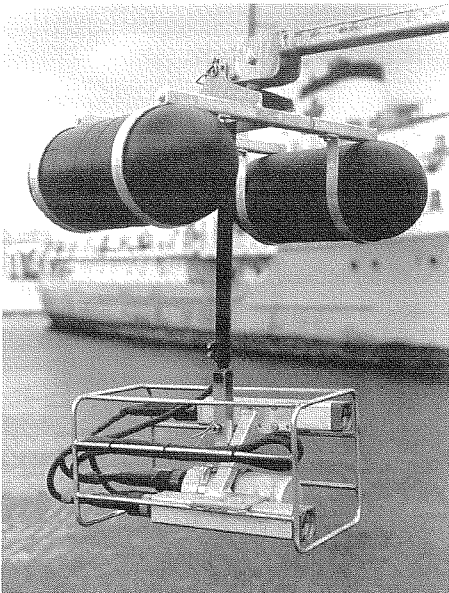


Figure 2: Partie submergée du système vidéo de mesure du saumon. La photo montre les deux caméras vidéo ainsi que les dispositifs de flottaison qui les soutiennent

L'opérateur de l'appareil (fig. 2) utilise un moniteur vidéo pour s'assurer de l'acquisition d'une quantité suffisante de bonnes images (même poisson dans les deux moitiés de l'image) dans le parc. Des enregistrements VHS des images sur écran multifenêtres sont ensuite visionnés en laboratoire. Les paires d'images stéréo qui semblent convenir à la prise de mesures sont « saisies » pour analyse d'images à l'aide d'un progiciel d'analyse d'images accessible sur le marché (ce progiciel est semblable à celui qui est utilisé pour estimer l'âge des poissons d'après les otolithes). Le système, facile à transporter et à déployer, constitue une méthode économique de mesure pour grand nombre de poissons.

Profileur célimétrique pour cartographie océanique multifaisceaux : Le Service hydrographique du Canada utilise une technologie sonar multifaisceaux (MB) pour cartographier les eaux côtières. (Voir plus loin « De nouvelles technologies pour la cartographie des zones littorales »). L'utilisation de multiples faisceaux obliques pour mesurer la profondeur comprend notamment et nécessairement la connaissance du profil célimétrique dans la colonne d'eau, de sorte que les effets de la réfraction des ondes sonores peuvent être extraits des profondeurs verticales dérivées et des décalages horizontaux calculés des faisceaux. Pour mesurer le profil célimétrique, le navire hydrographique doit généralement s'arrêter et mettre à l'eau un capteur fixé à un filin. L'hydrographe doit faire un compromis opérationnel entre le temps consacré à descendre les appareils de mesure et celui passé à mesurer les profils célimétriques. Il peut se révéler nécessaire de relever des profils plus souvent qu'une fois l'heure dans les zones où le profil change rapidement en fonction de l'heure ou de la marée, ou en fonction de la position occupée par le navire dans la zone de étude. Cependant, ce n'est qu'après une analyse partielle des données de profondeur qu'apparaît tout l'impact des erreurs causées par la réfraction. En finale, l'erreur (provenant de toutes sources) dans les relevés des profondeurs cartographiées doit être inférieure à 0,3 mètre dans la colonne d'eau jusqu'à 30 mètres de profondeur et de 1 % en eau plus profonde.

Le défi pour l'équipe composée d'ingénieurs, de techniciens, d'hydrographes et de scientifiques consistait à améliorer l'efficacité des relevés MB tout en réduisant l'erreur causée par la réfraction. On a porté une attention particulière à des aspects comme la modélisation mathématique des erreurs et la collecte de données redondantes et indépendantes pour faciliter l'identification et la résolution des erreurs causées par la réfraction.

Finalement, on a considéré que le dénominateur commun de la solution recherchée consistait à trouver un moyen efficace d'obtenir des profils célimétriques à bord d'un navire en mouvement. Le point de départ à la recherche de cette solution au problème a été un projet scientifique en cours, le système CTD remorqué (MV-CTD), pour les grands navires qui naviguent en eau profonde. Toutefois, le profileur célimétrique se devait de fonctionner à partir d'une vedette hydrographique de dix mètres; trois de ces bateaux sont maintenant équipés du sonar MB Simrad EM3000 pour la cartographie des fonds marins à une profondeur de 75 m.

En collaboration avec une société d'experts-conseils, l'équipe a coordonné une étude de conception d'un profileur compact et semi-autonome. Dans

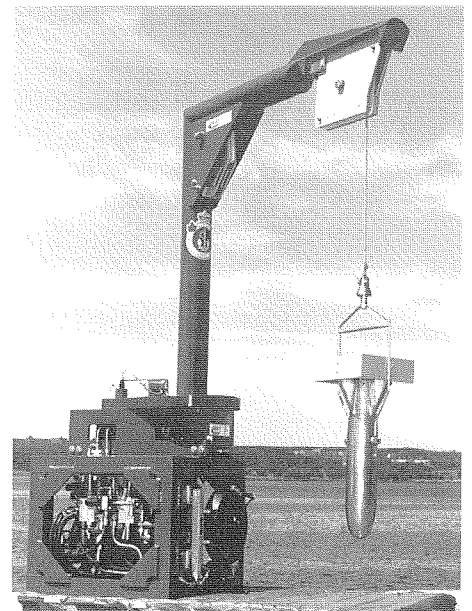


Figure 3: Treuil du profileur célimétrique remorqué

l'impossibilité de trouver sur le marché un système capable de répondre à toutes les exigences, l'équipe a préparé un devis et commandé la construction d'un profileur par un contracteur spécialisé. Le modèle est tel que, la vedette se déplaçant à une vitesse de dix noeuds, le profileur pourra prendre des profils sur demande ou périodiquement (par exemple à toutes les cinq minutes) et transférer les données au sonar EM3000 pour traitement et archivage ultérieurs avec les données hydrographiques (fig. 3). La gestion du marché de construction est assuré par un ingénieur. De plus, un technologue du projet MV-CTD s'est joint à l'équipe.

À l'heure actuelle, le profileur célimétrique devrait être un outil fonctionnel pour l'établissement des levés dans les zones littorales. On se penche présentement sur les termes d'une entente avec un fabricant local concernant l'attribution d'une licence de fabrication

commerciale. Cette entreprise entrevoit déjà de vendre le produit dans plusieurs pays.

### Possibilités et défis : fusion du MPO avec la GCC

La création d'une flotte unique et le déclassement imminent de navires importants, plus anciens mais néanmoins encore utiles, qui servent à l'exécution de programmes des Sciences et de la GCC, va susciter une demande d'experts techniques qui seront chargés de reconfigurer les navires restant pour l'exécution de nouvelles tâches. L'addition de capacités permettant d'améliorer le treuillage océanographique et la manipulation d'instruments, l'échantillonnage d'eau et de fonds marins, les laboratoires de chimie, de biologie et de géophysique ainsi que le calcul scientifique et l'établissement de réseaux dans de nouvelles classes de navires nécessitera l'intervention de spécialistes dans divers domaines.

Heureusement, presque toute l'expertise requise pour planifier et mettre en oeuvre ces travaux est déjà en place au ministère des Pêches et des Océans, récemment restructuré, et dans le secteur océanologique privé de la région.

### Conclusions

Le ministère des Pêches et des Océans compte demeurer un leader mondial en matière de gestion et de protection des ressources marines. Pour conserver cette position, il faut que les nouvelles technologies soient appliquées de façon rigoureuse si le Canada veut relever les défis qui découlent de la fusion des responsabilités dans le domaine des océans. Le partenariat entre la recherche scientifique, le génie et le soutien technique est une condition essentielle au maintien de l'excellence dans une telle entreprise.

## Les plaques tectoniques divergentes : l'histoire sous-jacente

R.R. Boutilier and C.E. Keen



R.R. Boutilier



C.E. Keen

Une large part de l'histoire géologique de notre planète est caractérisée par l'interaction dynamique de plaques semi-rigides qui se heurtent, glissent l'une par rapport à l'autre ou s'écartent. Les plaques ou, lithosphère, reposent sur l'asthénosphère qui réagit comme un fluide visqueux aux mouvements des plaques.

Grâce à l'intérêt soulevé par l'étude de la tectonique des plaques au cours des dernières décennies, nous comprenons relativement bien la structure des plaques et leurs interactions, surtout dans les 30 à 50 km supérieurs. Toutefois, nous commençons tout juste à nous pencher sur des aspects importants de la nature de la

partie inférieure de la lithosphère et du rapport existant entre la lithosphère et l'asthénosphère. Des concepts simples selon lesquels il existerait par exemple une nette démarcation entre la lithosphère et l'asthénosphère nous ont permis de réaliser des prévisions de premier ordre à partir de la théorie de la tectonique des plaques. Il nous faut toutefois aujourd'hui réviser ces hypothèses un peu simplistes et utiliser des modèles plus réalistes.

L'un des champs d'étude où les concepts actuels, trop simples, limitent la capacité à prédire les structures géologiques observées concerne les bordures de plaques divergentes (Keen et Beaumont, 1990; Keen, 1985). La divergence débute par la rupture d'une plaque lithosphérique au moment de l'écartement (rifting) d'un continent. Cela permet à la matière mantélique chaude (asthénosphère) de s'infiltrer dans l'espace créé. À mesure que cette matière

remonte, la pression diminue; une partie de la matière fond, produisant un fluide à viscosité relativement faible. Ce fluide peut s'injecter assez rapidement dans la croûte où il se solidifie pour donner une roche ignée. À mesure que l'écartement se poursuit, les fonds marins se renouvellent, les matières mantéliques remontant des profondeurs pour former la croûte océanique. Le centre de remontée et de divergence constitue ce qu'on appelle une dorsale médio-océanique (fig. 1).

La croûte ignée qui se forme à la dorsale médio-océanique atteint généralement 8 km d'épaisseur, quoique cette valeur dépende de la vitesse de l'écartement (White, 1992). Pour des vitesses d'écartement très faibles, inférieures à 10 mm/an par exemple, la matière qui remonte se refroidit tellement qu'elle ne forme plus qu'une croûte océanique mince (environ 4 km). On observe rarement dans les océans des vitesses d'écartement aussi faibles. Ce qui s'observe plus fréquemment : une croûte océanique d'épaisseur relativement uniforme variant entre 6 et 8 km (White, 1992).

Le long d'une large part de la marge continentale divergente de l'est de l'Amérique du Nord, en fait jusqu'en Nouvelle-Écosse, on a observé des épaisseurs anormalement importantes de croûte ignée (atteignant par endroit 20 km) (p. ex. Holbrook et Kelemen, 1993; Holbrook et al., 1994). Ce phénomène a été associé à un important phénomène magnétique qu'on appelle l'Anomalie magnétique de la côte est (AMCE), même si la nature exacte de ce rapport fait l'objet de nombreuses discussions (p. ex. Hutchinson et al., 1990; McBride et Nelson, 1990; Holbrook et Keleman, 1993; Keen et Potter, 1995). La figure 2 illustre la position de cette anomalie magnétique et présente plusieurs coupes illustrant l'épaisseur de la croûte. Ces coupes sont typiques des observations faites ailleurs dans le monde à l'emplacement de marges de plaques divergentes.

Les coupes transversales des fossés d'effondrement tectoniques du Canyon Baltimore et de Caroline (fig. 2) montrent l'épaisseur de la croûte ignée. On appelle de telles marges des marges volcaniques. Du côté mer de l'importante structure ignée, la croûte océanique retrouve une épaisseur uniforme et normale (environ 6 km). Les

marges volcaniques de la figure 1 diffèrent beaucoup de la marge de la Nouvelle-Écosse, qui représente une marge « non volcanique », où la transition entre croûte continentale et croûte océanique ne correspond pas à un épaississement.

On discute à l'heure actuelle de l'origine de cette épaisse croûte ignée qui forme un bombement de quelque 70 km de largeur et qu'on peut suivre en direction du sud sur environ 2 000 km le long de l'anomalie magnétique de la côte est, dans l'axe de l'ancien rift (Keen, 1969; Emery et al., 1970). L'une des explications avancées serait que la source de matière mantélique ait été excessivement chaude (plus chaude de 150 à 200 °C) au cours de l'écartement, donc que le volume de matière en fusion ait été plus important. Toutefois, on parvient mal à documenter la présence d'une bande si longue et si mince de matière mantélique chaude. Une autre théorie repose sur des mouvements de convection à petite échelle sous la dorsale dans l'asthénosphère qui auraient, comme une « courroie transporteuse », accru le volume de matière mantélique en fusion apporté jusqu'à la lithosphère (p. ex. Mutter et al., 1988). Cette dernière suggestion est appuyée par les travaux d'Anderson (1994, 1995) selon lesquels la source des importantes provinces ignées pourrait bien être le manteau sublithosphérique relativement peu profond de faible viscosité qui pourrait subir des mouvements de convection résultant des processus d'écartement de la plaque sus-jacente. Ces deux explications sont illustrées sous forme très schématique à la figure 1.

L'épaisse croûte ignée aux marges volcaniques aurait été créée durant l'écartement, et un peu après (Austin et al., 1990; Sheridan et al., 1993). Si on peut expliquer l'épaisseur de la croûte ignée par l'activation du mouvement de convection à petite échelle durant le stade de l'écartement, il est clair que la convection productrice de matière en fusion a dû être limitée dans l'espace, et aussi dans le temps.

Nos travaux comportent l'utilisation de modèles numériques nous permettant de vérifier quantitativement les paramètres physiques entourant les mouvements de convection à petite échelle sous une zone

d'écartement. Les modèles numériques permettent de prédire le moment de la fusion dans le manteau et le volume de matière fondue. Nous pouvons ensuite prédire les variations dans l'épaisseur de la croûte, ces variations pouvant être comparées avec les observations. L'une des principales difficultés de la modélisation est de mettre en évidence des facteurs qui permettraient d'expliquer à la fois les marges de plaques divergentes volcaniques et les marges non volcaniques.

## Outils et méthodes

Les méthodes utilisées ont été élaborées à partir de celles qui sont décrites dans Keen et Boutilier (1995). Ces modèles sont bidimensionnels et permettent de résoudre la structure thermique et les vitesses d'écoulement dans l'asthénosphère qui résultent de l'écartement. On présume que le manteau est un fluide visqueux, la viscosité dépendant en partie de la température. La lithosphère, qui se comporte comme un solide, est simulée simplement comme une région froide au sein de laquelle la viscosité est si importante que l'écoulement est imperceptible durant l'évolution du modèle. La viscosité dépend aussi de la pression, qui augmente lentement en profondeur, ainsi que de la vitesse de déformation (c.-à-d. du taux de changement de l'écoulement). Le résultat est donc un comportement extrêmement non linéaire, au cours duquel l'écoulement réduit la viscosité, d'où un écoulement de plus en plus localisé. Cela a un effet sur les vitesses de refroidissement et crée d'autres éléments de comportement qui dépendent du temps. Il nous faut tenir compte de tous ces facteurs avant de pouvoir déterminer dans quelle mesure chacun des modèles est réaliste. Ces propriétés matérielles sont fondées sur des mesures en laboratoire faites sur des roches ultrabasiques et sur de la dunite mouillée (p. ex. Kirby et Kronenberg, 1987; Chopra et Patterson, 1981).

Des calculs sont effectués au moyen du modèle à divers intervalles du stade d'écartement des continents (fig. 1). Une zone de remontée semblable à une dorsale médio-océanique en expansion est créée, l'axe de la dorsale correspondant au centre de remontée. À mesure que la matière mantélique remonte dans l'axe de la dorsale,

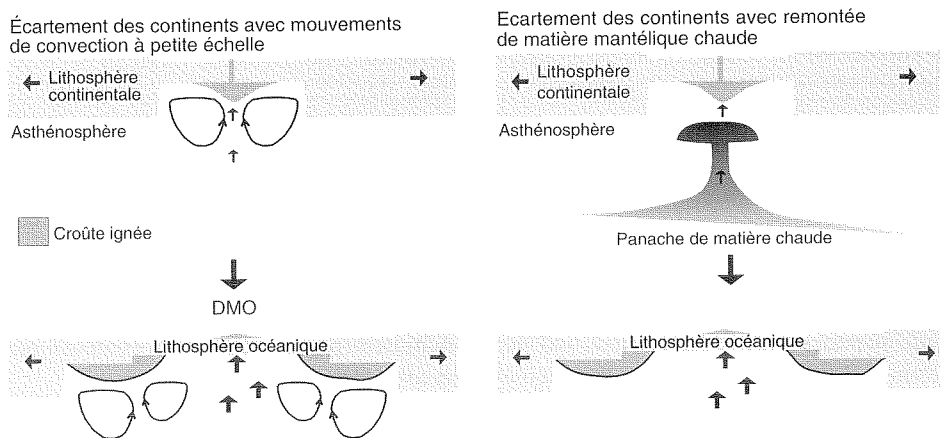


Figure 1. Schéma illustrant deux explications proposées de l'existence de grosses formations volcaniques associées aux marges continentales d'écartement. À gauche, un mouvement de convection à petite échelle, résultant de la perturbation thermique créée par l'écartement des continents, apporte de la matière fondue au centre d'écartement; cette matière, en refroidissant, formera une croûte ignée. Suit un stade d'expansion des fonds océaniques (en bas à gauche), où la convection et l'apport de matière en fusion se poursuivent sous l'ancienne marge continentale; de la nouvelle croûte océanique est créée par remontée de matière à la dorsale médio-océanique (DMO). La théorie du point chaud est illustrée à droite. La température élevée du point chaud, au moment du stade d'écartement des continents, entraîne la fusion d'un grand volume de matière qui crée une épaisse croûte ignée. Au stade de l'expansion des fonds océaniques (en bas à droite), le manteau s'est refroidi quelque peu, ou bien la matière du point chaud a été déplacée, et de la matière mantélique, à température normale, remonte pour former de la croûte océanique ordinaire.

la pression diminue. À environ 80 km de profondeur, c'est-à-dire ce que nous appelons la base de la fenêtre de fusion, la baisse de pression est telle qu'elle permet la fusion de décompression. Une partie des roches du manteau relativement solide (10 à 20 %) fond, et un fluide à viscosité très basse est libéré. Cette matière en fusion peut remonter et se placer sous la couche, s'y injecter ou encore émerger à la surface par volcanisme. À mesure que la matière mantélique continue de remonter, une fraction de plus en plus importante est capable de fondre. Nous avons utilisé une compilation des mesures effectuées en laboratoire pour déterminer la température Solidus pour ce processus de fusion par décompression (McKenzie et Bickle, 1988); à partir de cette valeur, nous pouvons calculer le volume de fusion qui serait produit par nos modèles. La matière mantélique qui franchit la base de la fenêtre de fusion et remonte, si elle est suffisamment chaude, peut entraîner la fusion. L'accroissement de la vitesse d'écoulement fait augmenter la quantité de matière en fusion; de même l'accroissement de la température de la matière en remontée. Le refroidissement par conduction de la matière en remontée tend à réduire la quantité de matière en fusion produite.

### Évolution d'un modèle

La figure 3 illustre l'évolution d'un modèle à quatre étapes, ainsi que la plupart des caractéristiques physiques de nos modèles. L'expansion et le taux d'écartement ( $V_0$ ) sont constants dans ce modèle. L'écoulement dans le manteau dépend de la période; les schémas ont été choisis pour des stades de vitesses maximales dans l'asthénosphère.

À la figure 3a, soit près de 7 Ma après le début de l'écartement, l'écoulement dans l'asthénosphère a un comportement ordonné et dirigé vers la dorsale en formation. Une anomalie thermique d'environ 100 km de demi-largeur s'est formée. Étant donné que les vitesses de remontée sont relativement élevées et qu'il y a peu de refroidissement parallèle, la matière fondue qui arrive à la surface est à peu près égale à celle nécessaire pour former une croûte océanique d'épaisseur normale (6 à 8 km).

Pour obtenir une quantité de matière fondue approchant les volumes observés aux marges volcaniques (environ 20 km), il faudrait accroître l'écoulement ascendant qui traverse la base de la fenêtre de fusion. À ce stade, la convection pourrait expliquer une telle augmentation; par contre,

l'écoulement ascendant très dirigé empêche la formation des mouvements de convection. Si la viscosité était inférieure ou l'anomalie thermique plus marquée, il pourrait y avoir développement d'une convection.

La figure 3b montre la configuration, 17,2 Ma après le début de l'écartement. Ici, la convection a débuté tout près de la marge d'écartement. Une masse de matière plus froide située sous la marge s'affaisse tout en étant entraînée dans le mouvement de convection; le fort mouvement d'entraînement est dû en partie à la convection, mais aussi à l'obligation qu'a la matière de migrer vers l'axe de la dorsale. Ces deux phénomènes sont liés par des considérations d'ordre géométrique.

La vitesse maximale d'écoulement,  $V_{\max}$  à  $t = 17,2$  Ma, est de 30 mm/an, soit 30 % de plus qu'à  $t = 6,6$  Ma. L'écoulement déborde sur la base de la fenêtre de fusion; nous nous attendons donc à ce qu'il y ait une plus grande quantité de matière en fusion apportée à cette période. Toutefois, si la matière plus froide circulant dans la cellule de convection sous l'ancienne marge se faisait happer dans la remontée à l'axe de la dorsale, la baisse de température ferait à elle seule diminuer la quantité de matière en fusion apportée. Cette quantité peut diminuer encore plus si de la matière ayant déjà subi une fusion partielle était de la même façon remise en circulation. Les calculs de quantité de matière en fusion que les auteurs présentent ici ont tenu compte du premier de ces effets, mais pas du deuxième.

Les figures 3c et 3d illustrent l'évolution du modèle. La convection se poursuit sous l'ancienne marge, mais à intensité réduite (en effet, le gradient thermique sous l'ancienne marge disparaît peu à peu), et l'écoulement de convection se fait suffisamment loin de l'axe de la dorsale pour en être relativement indépendant. Une certaine interaction demeure toutefois. Signalons que la convection se produit immédiatement sous la base de la fenêtre de fusion, de telle sorte qu'aucune activité ignée supplémentaire n'en découlera. En outre, les structures froides résultant de la convection sont encore présentes dans le modèle et interagissent de toute évidence

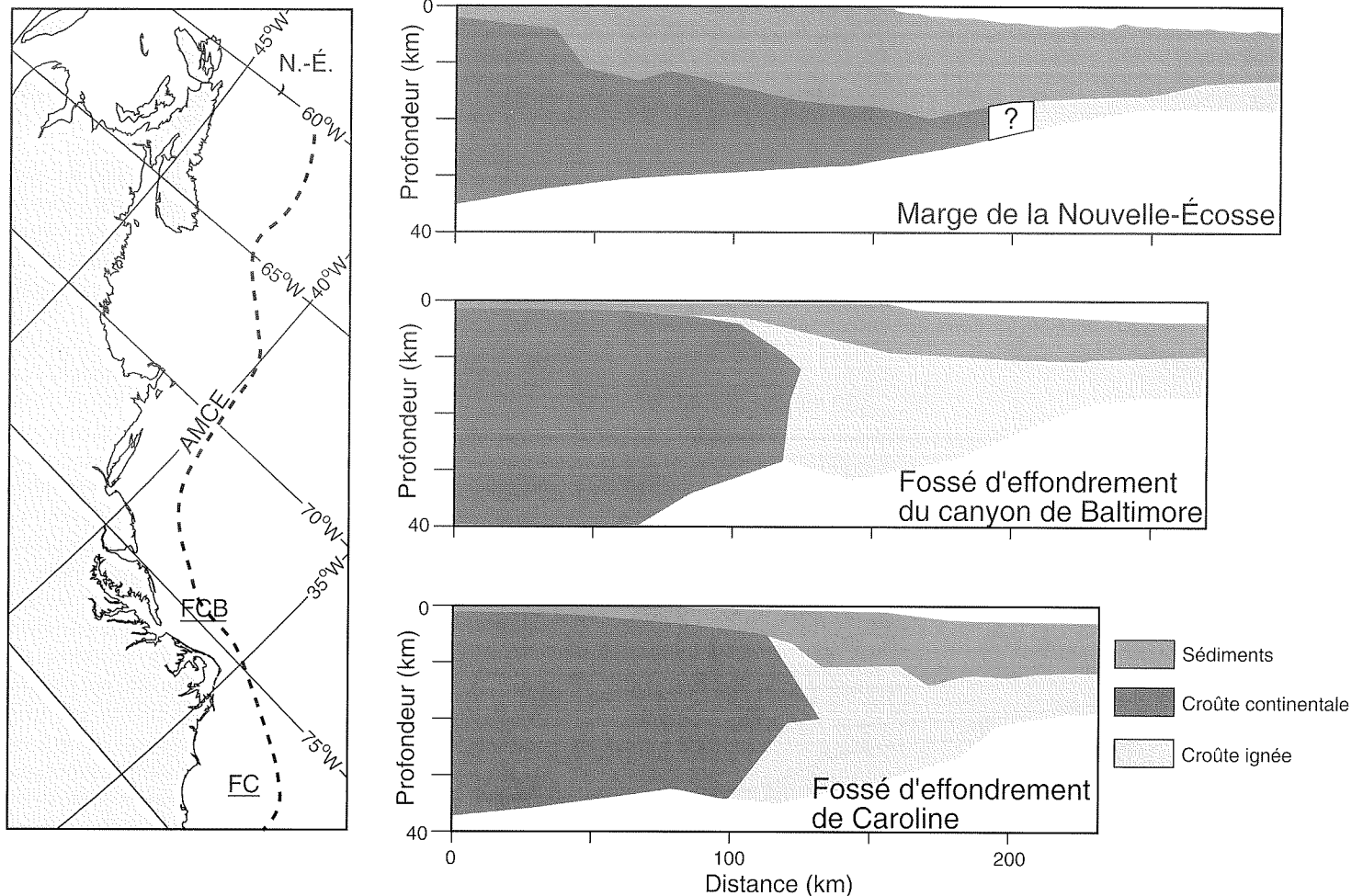


Figure 2. Position de l'anomalie magnétique de la côte est et coupes transversales de la structure de la croûte à trois endroits : N.-É. - Marge de la Nouvelle-Écosse (Kay et al., 1991); FCB - Fossé d'effondrement du canyon de Baltimore (Holbrook et Kelemen, 1993); FC - Fossé d'effondrement de Caroline (Holbrook et al., 1994). L'anomalie thermique est la ligne tiretée (Holbrook et Keleman, 1993); elle correspond au bombement de 70 km d'épaisseur de croûte ignée sous les marges. Simplifié d'après Keen et Potter (1995).

avec l'écoulement dans l'axe de la dorsale. Toutefois, on peut constater qu'à l'axe de la dorsale, l'écoulement devient laminaire; le modèle prévoit donc la formation d'une croûte océanique uniforme.

Nous avons utilisé de nombreux autres modèles avec divers paramètres. Ils nous permettent de vérifier les hypothèses générales suivantes. 1) La force motrice de la convection serait les gradients thermiques latéraux situés près de la base de la lithosphère, et engendrés par l'écartement des plaques. Des gradients plus marqués produiraient une convection plus vigoureuse. 2) Lorsque la viscosité est relativement élevée (ou que la température de l'asthénosphère est plus basse), le mouvement de convection est diminué ou supprimé. Dans le cas contraire, une convection plus importante se produit, la

dépendance temporelle du système s'accroît et des interactions plus complexes en résultent. 3) Des comportements d'écoulement potentiels à non-linéarité plus marquée (c.-à-d. qui présentent un lien plus marqué entre la viscosité et la vitesse de déformation) génèrent des modèles moins stables et à plus grande dépendance temporelle. Des modèles à grande non-linéarité peuvent présenter une convection marquée pour une certaine période, laquelle peut s'arrêter, permettant au système de retrouver un état d'équilibre. Cela pourrait expliquer les marges volcaniques. Toutefois, ces modèles extrêmement non-linéaires semblent instables, ce qui empêcherait la formation d'une croûte océanique uniformément épaisse.

La figure 4 illustre deux coupes transversales dans la croûte typique

provenant des résultats de nos modèles. La figure 4a présente les résultats du modèle illustré à la figure 3. À l'ancienne marge (900 km dans la figure), la discontinuité Moho a été amincie par étirement aux premiers stades du modèle. La matière fondue qui est apportée au début y est déposée, et la matière apportée ensuite continue à édifier la croûte océanique.

L'apport originel de matière en fusion se fait de façon irrégulière et en fonction du temps, à l'image de la convection qui a débuté aux premiers stades du modèle. C'est ensuite le stade de la croûte océanique relativement mince (le tiers moyen) qui correspond à la présence de matières plus froides s'élevant jusqu'à l'axe de la dorsale et résultant de la convection. Cet effet se fait sentir dans nombre des modèles que nous utilisons et consiste en une période



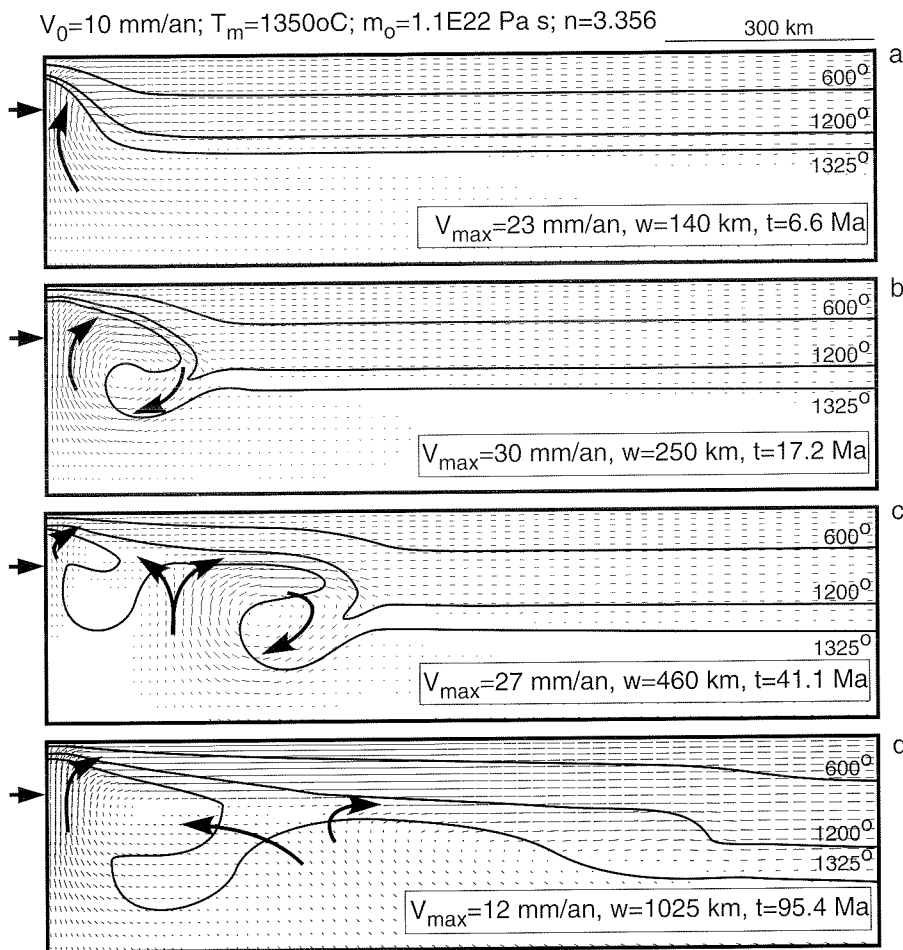


Figure 3. L'évolution d'un modèle à quatre étapes. La demi-largeur de la zone d'écartement est au départ de 70 km environ. Dans chacun des quatre schémas, des flèches indiquent les directions générales de l'écoulement asthénosphérique et les tirets correspondent à la direction instantanée de l'écoulement calculée au moyen du programme numérique. Certains isothermes de température illustrant la structure thermique perturbée sont indiqués. Au haut de la figure, on a montré la vitesse d'extension ou vitesse d'écartement, la température du manteau, une viscosité caractéristique et le degré de non-linéarité. Dans chacun des schémas sont indiqués la vitesse maximale d'écoulement dans l'asthénosphère, la distance entre l'axe de la dorsale et la marge continentale, et le temps écoulé depuis le début de l'écartement. La longueur des vecteurs représentant l'écoulement est proportionnelle aux valeurs maximales des vitesses. La petite flèche à gauche de chacun des schémas indique la base de la fenêtre de fusion (correspondant à une profondeur d'environ 80 km). Seule la matière qui franchit ce seuil peut contribuer à la formation de la croûte.

d'accroissement de la matière en fusion apportée suivie d'une période de « privation » relative. Dans la plupart des cas, cet effet nous a obligé à rejeter le modèle.

La croûte océanique à long terme formée dans le modèle illustré à la figure 4a semble stable et d'épaisseur requise (quoique l'épaisseur varie un peu plus que ce qui est souhaitable). Pour l'instant, ce modèle nous paraît acceptable et nous le proposons pour approximer les processus à une marge divergente non volcanique.

Le schéma du bas montre le modèle avec lequel nous avons eu le plus de succès jusqu'à maintenant pour traiter d'une marge volcanique. Ainsi, ce modèle présente le même taux d'écartement que le modèle de la figure 4a, mais la géométrie de l'écartement est fixée à une demi-largeur de 40 km, ce qui entraîne une rupture abrupte dans la lithosphère et un gradient thermique marqué au premier stade d'écartement. Le modèle nous a permis d'obtenir une mince bande de matière en fusion adjacente à la marge et couvrant 20

km d'épaisseur; on obtient ensuite une croûte océanique à peu près uniforme. Le « soubresaut » visible à gauche dans la croûte océanique est inexplicable; un modèle légèrement plus stable serait requis.

Malgré les résultats encourageants, des problèmes importants demeurent, dont le principal est que les propriétés physiques des deux modèles illustrés à la figure 4 sont trop différentes (en termes de température de fond et de degré de non-linéarité). Nous essayons de trouver un modèle physique qui n'a qu'un seul rapport avec la viscosité (c.-à-d. dépendance par rapport à la pression, à la température et à la vitesse de déformation, ainsi qu'une viscosité caractéristique), où les variations naturelles du taux d'écartement et des températures mantéliques produiraient des résultats acceptables. Le résultat obtenu pour la marge volcanique par exemple ne permet pas d'obtenir cela; si l'on ralentit le taux d'écartement d'un facteur de deux, on obtient un modèle (non illustré) pour lequel l'apport de matière en fusion est trop irrégulier. Nous avons aussi essayé de modifier la température asthénosphérique d'origine de 25 EC, mais avons obtenu ici encore un résultat inacceptable. Étant donné que de telles variations se produisent de toute évidence sur la planète, nous en concluons que des études supplémentaires sont nécessaires pour nous permettre de trouver un modèle acceptable - un modèle qui permettrait d'expliquer à la fois les marges volcaniques et les marges non volcaniques.

## Discussion

Les résultats obtenus sont les premiers qui permettent de vérifier de façon quantitative l'hypothèse selon laquelle une convection à petite échelle dans l'asthénosphère peut être causée par la divergence des plaques dans la lithosphère sus-jacente. Ces résultats sont prometteurs en ce qu'ils pourraient expliquer un apport important de roches ignées dans certaines dorsales et marges continentales d'écartement sans qu'il soit nécessaire de présumer une asthénosphère à température élevée. Nous espérons que les difficultés présentées ici pourront être surmontées grâce à d'autres études.

Une conséquence probable de la fusion, est que la création et l'extraction de matière en fusion du manteau altérera la viscosité

et la densité de la matrice mantélique résiduaire. Ainsi, la viscosité diminuera probablement, entraînant un écoulement plus marqué. Par contre, la densité de la matière restante s'abaissera, et l'apport de matière mantélique plus légère qui s'amassera près des bordures de la zone d'écartement tendra à stabiliser le système et à empêcher tout écoulement convectif (Su et Buck, 1993). Il s'agit là de propriétés dont nous n'avons pas tenu compte dans nos modèles, mais qui pourraient être importantes pour l'augmentation de la matière remontée et fondue, et qui permettraient en même temps d'obtenir la stabilité nécessaire. Nous travaillons à l'heure actuelle sur cet aspect de la question.

L'existence d'une convection à petite échelle dans l'asthénosphère pourrait permettre de prédire d'autres aspects importants des marges d'écartement qui sont par ailleurs difficiles à expliquer. L'un de ceux-ci est l'historique des mouvements verticaux, tels qu'ils sont inscrits dans les sédiments. Ainsi, les sédiments révèlent qu'après sa formation, la marge subit un affaissement prolongé causé essentiellement par le refroidissement de la lithosphère. S'y superposent des oscillations de périodes plus courtes (environ 10 à 40 Ma pour un cycle) dont les amplitudes sont de plusieurs centaines de mètres. Ces variations à relativement court terme pourraient être liées à la temporalité de l'écoulement convectif, comme nous

l'avons vu par exemple à la figure 3. L'accélération ou la décélération de l'écoulement modifiera le champ de contraintes verticales qui agit à la base de la plaque, entraînant un changement dans la hauteur de celle-ci.

### Remerciements :

S.A. Dehler et P. Giles ont fourni des conseils et des commentaires qui nous ont été très utiles.

### Références

- ANDERSON, D.L. 1995. Lithosphere, Asthenosphere and Perisphere. *Reviews of Geophysics*, 33: 125-149.
- ANDERSON, D.L. 1994. The sublithospheric mantle as the source of continental flood basalts: the case against continental lithosphere and plume head reservoirs. *Earth and Planetary Science Letters*, 123: 269-280.
- AUSTIN, J.A., Jr., L. STOFFA, J.D. PHILLIPS, J. OH, D.S. SAWYER, G.M. PURD, E. REITER, and J. MARKIS. 1990. Crustal Structure of the southeast Georgia embayment - Carolina trough: Preliminary results of a composite seismic image of a continental suture (?) and a volcanic passive margin. *Geology*, 18: 1023-1027.
- BUCK, W.R. 1986. Small-scale convection induced by passive rifting: the cause for uplift of rift shoulders. *Earth and Planetary Science Letters*, 77: 362-372.
- CHOPRA, P.X. and M.S. PATTERSON. 1981. The experimental deformation of dunite. *Tectonophysics*, 78:453-473.
- EMERY, K.O., E. UCHUPI, J.D. PHILLIPS, C.O. BOWIN, E.T. BUNCE, and S.T. KNOTT. 1970. Continental rise off eastern North America. *AAPG Bull.*, 54: 44-108.
- HOLBROOK, W.S., E.C. REITER, G.M. PURDY, D. SAWYER, P.L. STOFFA, J.A. AUSTIN Jr., J. OH, and J. MARKIS. 1994. Deep structure of the U.S. Atlantic continental margin, offshore North Carolina, from coincident ocean-bottom and multichannel seismic data. *J. Geophys. Res.* 99: 9155-9178.
- HOLBROOK, W.S. and P.B. KELEMEN. 1993. Large igneous province on the US Atlantic margin and implications for magmatism during continental breakup. *Nature*, 364: 433-436.
- HUTCHINSON, D.R., K.D. KLITGORD, and A.M. TREHU. 1990. Integration of COCORP deep reflection and magnetic anomaly analysis in the southeastern United States: Implications for the origin of the Brunswick and East Coast magnetic anomalies: Alternative interpretation. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 102: 271-279.
- KAY, W., B.C. MACLEAN, and C.E. KEEN. 1991. Regional geology and geophysics 3, Nova Scotian margin crustal transect, in J.L. Bates

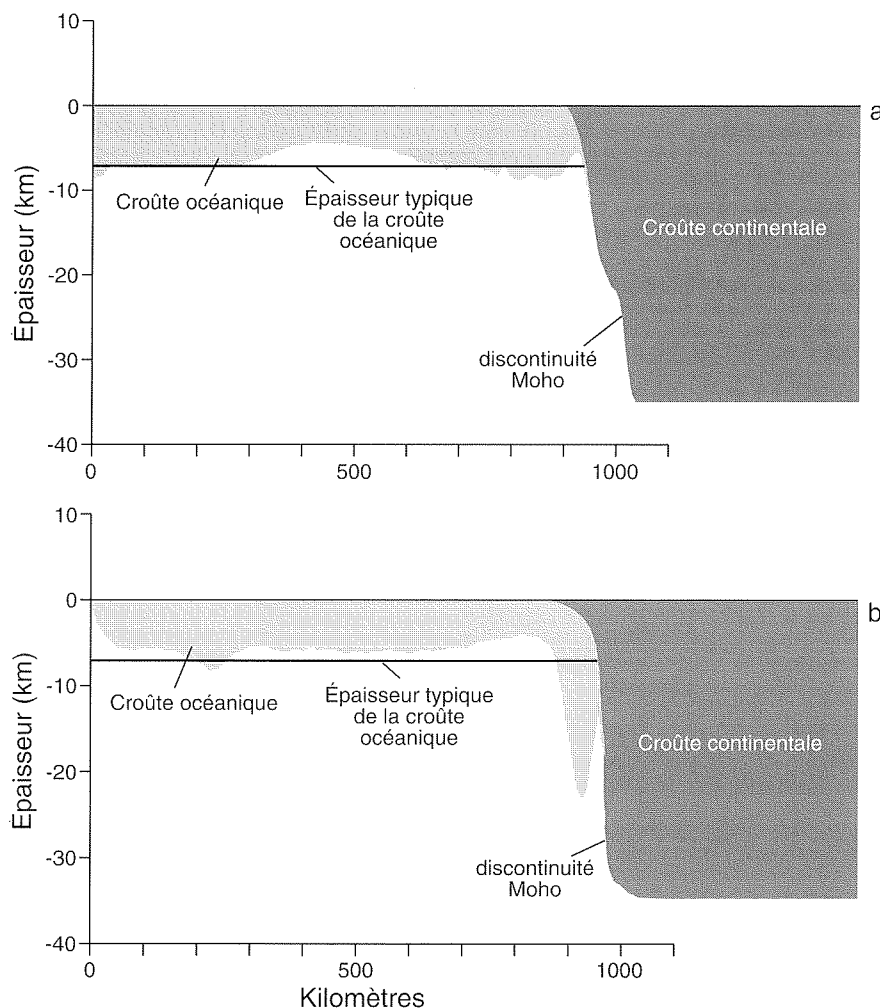
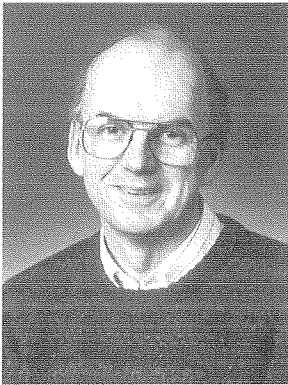


Figure 4. Prédiction de l'épaisseur de la croûte océanique selon deux modèles. Signalons la discontinuité Moho amincie par expansion antérieure au renouvellement des fonds océaniques, à 1 000 km environ dans les deux cas. En a), on montre la matière en fusion du modèle de la figure 3 dont la zone d'écartement dans la lithosphère était relativement large; en b), la matière en fusion pour un modèle présentant une zone d'écartement mince. On a indiqué dans le haut de chacun des 2 schémas la température du manteau, une viscosité caractéristique et le degré de non-linéarité utilisé pour le modèle. L'exagération verticale est d'environ 16 pour 1.

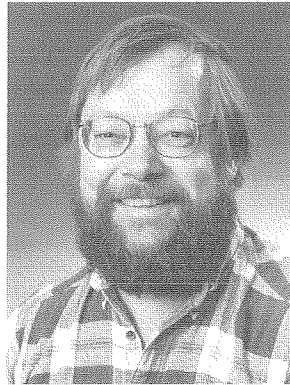
- [ed.] East Coast Basin Atlas Series: Scotian Shelf. Atlantic Geoscience Centre, Geological Survey of Canada, Dartmouth, N.S.: 13pp.
- KEEN, C.E. and D.P. POTTER. 1995. The transition from a volcanic to a nonvolcanic rifted margin off eastern Canada. *Tectonics*, 14: 359-371.
- KEEN, C.E. and R.R. BOUTILIER. 1995. Lithosphere-asthenosphere interactions below rifts. In E. Banda, M. Torne, and M. Talwani [ed.] *Rifted ocean-continent boundaries*. Kluwer, Dordrecht: 17-30.
- KEEN, C.E. 1985. The dynamics of rifting: deformation of the lithosphere by active and passive driving forces. *Geophysical Journal Royal Astronomical Society*, 80: 95-120.
- KEEN, C.E. et C. BEAUMONT. 1990. Géodynamique des marges continentales de divergence. *Géologie de la marge continentale de l'Est du Canada, Géologie du Canada* 2, p. 419-509.
- KEEN, M.J. 1969. Possible edge effect to explain magnetic anomalies off the eastern seaboard of the U.S. *Nature*, 222: 72-74.
- KIRBY, S.H. and A.K. KRONENBERG. 1987. Rheology of the Lithosphere: Selected Topics. *Reviews of Geophysics*, 25: 1219-1244.
- MUTTER, J.C., W.R. BUCK and C.M. ZEHNDER. 1988. Convective partial melting 1. A model for the formation of thick basaltic sequences during the initiation of spreading. *Journal of Geophysical Research*, 93: 1031-1948.
- MCBRIDE, J.H. and K.D. NELSON. 1990. Integration of COCORP deep reflection and magnetic anomaly analysis in the southeastern United States: Implications for the origin of the Brunswick and East Coast magnetic anomalies: Reply. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 102: 271-279.
- MCKENZIE, D.P. and M.J. BICKLE. 1988. The volume and composition of melt generated by extension of the lithosphere. *Journal of Petrology*, 29: 625-679.
- SHERIDAN, R.E., D.L. MUSSER, L. GLOVER III, J.I. EWING, W.S. HOLBROOK, G.M. PURDY, T. HAWMAN, and S. SMITHSON. 1993. Deep seismic reflection data of EDGE U.S. mid-Atlantic continental-margin experiment: Implications for Appalachian sutures and Mesozoic rifting and magmatic underplating. *Geology*, 21: 563-567.
- SU, W. and W.R. BUCK. 1993. Buoyancy effects on mantle flow under mid-ocean ridges. *Journal of Geophysical Research*, 98: 12191-12205.
- WHITE, R.S. 1992. Crustal structure and magmatism of North Atlantic continental margins. *Journal of the Geological Society, London*, 149: 841-854.
-

# Interactions entre l'environnement et la mariculture du saumon atlantique

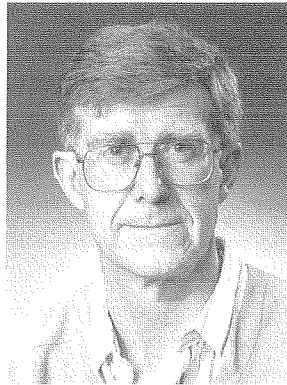
B.T. Hargrave, G. Bugden, P. Keizer, T. Milligan, W. Silvert, P. Strain, D. Wildish



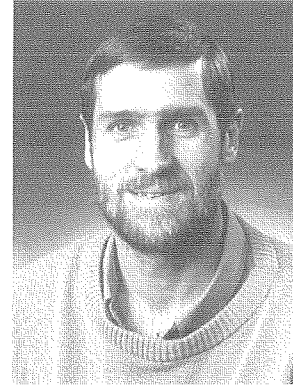
*B.T. Hargrave*



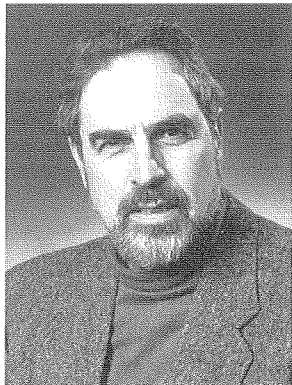
*G. Bugden*



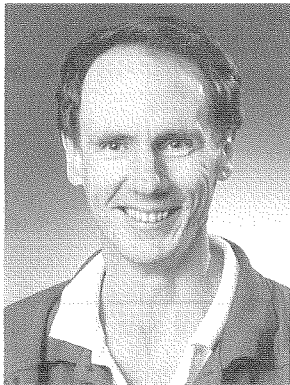
*P. Keizer*



*T. Milligan*



*W. Silvert*



*P. Strain*



*D. Wildish*

## Contexte

La mariculture d'espèces comme le saumon atlantique s'avère prometteuse comme moyen d'accroître le potentiel alimentaire des écosystèmes marins, mais des études scientifiques et des expériences industrielles ont montré que les zones côtières possèdent une capacité limitée pour le maintien d'une aquaculture durable. La nourriture non consommée et les déchets de poissons qu'on retrouve dans les baies abritées le long des côtes peuvent produire un trop grand enrichissement en matières nutritives. Il faut disposer d'information sur l'environnement pour déterminer l'emplacement optimal des installations d'élevage et envisager une expansion des activités aquacoles. On reconnaît maintenant que les conditions physiques (température maximum et minimum et profondeur de l'eau, vitesse des courants, etc.) et les facteurs biologiques (potentiel

de propagation d'agents pathogènes, impact des individus évadés sur les stocks de poissons sauvages, efflorescences de plancton toxique, etc.) sont d'importants facteurs qui peuvent limiter l'aquaculture dans les eaux côtières.

Depuis cinq ans, des scientifiques du ministère des Pêches et des Océans (MPO) travaillant à l'Institut océanographique de Bedford (IOB), à la Station de biologie de St. Andrews et dans la Région de Terre-Neuve étudient les interactions entre l'environnement et la salmoniculture (Wildish et al., 1990). Ils effectuent des observations de terrain et des études de modélisation dans la baie de Fundy et la baie d'Espoir, à Terre-Neuve, afin de déterminer les facteurs environnementaux et opérationnels qui pourraient limiter le choix des sites d'élevage du poisson en cage dans les zones côtières et l'expansion de

cette industrie. Les travaux ont pour objectif général d'élaborer des méthodes d'échantillonnage et des outils de modélisation, d'établir des bases de données et d'acquérir des connaissances afin d'informer les gestionnaires des effets cumulatifs de cette activité dans le contexte de la gestion de la zone côtière. Les responsables de la gestion de l'habitat au MPO ont reçu des conseils sur les méthodes de surveillance, le calcul de la capacité limite des sites et les données nécessaires à la modélisation des interactions avec l'environnement. On a produit des ébauches de lignes directrices concernant l'évaluation de la charge en carbone benthique et des impacts de la mariculture sur le plan spatial.

## Études de terrain et de modélisation - Colonne d'eau

On a entrepris des travaux à une installation salmonicole située dans la baie d'Espoir, à Terre-Neuve, pour recueillir des données sur les variables de la colonne d'eau afin d'éprouver des modèles empiriques de prévision de la capacité limite d'une zone pour la production de poissons en fonction de la charge en matières nutritives et de la demande en oxygène. La disponibilité de sites protégés contre les glaces au printemps est considérée comme un facteur limitant général dans les fjords côtiers. Les symptômes de stress lié à l'oxygène observés pendant l'été montrent qu'il est important d'utiliser des modèles de

prévision de la quantité d'oxygène disponible et de la demande en oxygène dans l'ensemble formé par les courants, les eaux profondes et la colonne d'eau pour prévoir la capacité limite des sites convenant à l'aquaculture.

On a également mené des études dans le secteur des îles de l'ouest de la baie de Fundy, où la salmoniculture a connu un essor rapide au cours des dix dernières années. La firme ASA Consultants Ltd. a élaboré un modèle hydrodynamique aux différences finies pour la prévision des principaux paramètres océanographiques, dont les courants de marée, la circulation, la distribution spatiale et temporelle de la température et de la salinité et la diffusion (Trites et Petrie, 1995). Les sorties du modèle (fig. 1) indiquent où pourraient se produire les impacts de l'accroissement du dégagement d'azote et de la demande biologique en oxygène (DBO) causé par les piscicultures et les usines de transformation du poisson dans la région. Il faut installer les parcs à poissons là où les échanges d'eau sont suffisants pour éviter l'appauvrissement en oxygène et l'accumulation d'ammoniac qui peuvent résulter de la présence d'un grand nombre de poissons en captivité. Des mesures de l'oxygène dissous et des matières nutritives dans la colonne d'eau et des expériences de renouvellement de l'eau effectuées dans certains parcs sur de courtes périodes (un cycle de marée) ont permis d'enregistrer des taux de chasse variables dans différentes conditions hydrographiques (Wildish et al., 1993).

Des descriptions des processus physiques qui dominent les échanges d'eau ont servi à prévoir l'impact des apports en nutriments à l'échelle d'un bras de mer et à élaborer un modèle de la capacité limite basé sur le potentiel d'enrichissement en matières nutritives par les saumons maintenus en captivité dans le secteur des îles de l'ouest, d'après une estimation du cheptel, en nombre et en taille (Strain et al., 1995). L'influence de l'aquaculture pourrait donc être évaluée dans le contexte des autres apports anthropiques et naturels. Quand on compare des apports de différentes sources, il est important de prendre en compte leur nature et leur interaction avec les mouvements des eaux. La fig-

ure 2 indique l'ampleur des apports en azote provenant de différentes sources et de la DBO correspondante dans le bras Letang.

Bien que l'enrichissement en matières organiques dans les échancrures des côtes causé par les rejets d'eaux d'égout et de déchets agricoles et industriels soit plus généralisé que celui qui est causé par les déchets des installations aquacoles, ces derniers pourraient exercer une grande influence dans les régions peu peuplées. Ainsi, l'aquaculture est la principale source de rejets dans la région de Letang (fig. 2). Malgré cela, l'impact à l'échelle locale de l'usine de transformation du poisson est aussi important (il était beaucoup plus important avant 1991) que les pires effets de l'aquaculture. En d'autres termes, l'aquaculture modifie les concentrations de matières nutritives de façon modérée sur une vaste superficie alors que l'usine de transformation les modifie davantage sur une petite étendue.

### Études de terrain et de modélisation - Sédiments

Il a été déterminé que le dépôt de particules sous la forme de nourriture non consommée et de matières fécales produites par les piscicultures peut avoir, entre autres, des incidences négatives à long terme sur l'environnement (Hargrave, 1994). Des études ont révélé que l'enrichissement en matières organiques modifie les sédiments et les organismes qu'ils contiennent (le benthos). Toutefois, l'accroissement de la sédimentation attribuable à l'élevage du saumon dans des parcs en filet ne se produit qu'aux environs des sites et il est grandement fonction de facteurs physiques comme la vitesse des courants et la remise en suspension sous l'effet des tempêtes saisonnières. Les matières organiques accumulées au-dessous des parcs à poissons peuvent créer par endroits des conditions d'anoxie qui entraînent la disparition de la macrofaune et font augmenter les flux d'oxygène et de matières nutritives inorganiques dissoutes entre les sédiments et l'eau surjacente (Hargrave et al., 1993). Un relevé de 11 sites d'élevage et de 11 sites de référence mené dans le secteur des îles de l'ouest en 1994 a montré que les variables benthiques présentant une corrélation avec la sédimentation des matières

organiques (flux des gaz et des nutriments, sulfures, carbone organique et potentiels d'oxydo-réduction) peuvent servir à mesurer l'enrichissement par les matières organiques (Hargrave et al., 1995). Toutefois, les processus biologiques ne parviennent pas toujours à limiter l'accumulation de matières organiques, surtout dans les zones où l'oxygénation de la surface des sédiments est faible à cause des conditions hydrographiques et/ou de la faiblesse des courants.

### Élaboration et application de modèles

Même si l'étude de ces sites a permis de déterminer les effets de l'enrichissement en matières organiques dans la colonne d'eau et les sédiments sous l'effet de l'aquaculture, peu de tentatives ont été faites pour dériver des modèles généraux établissant un lien entre les nombreux facteurs physiques, chimiques et biologiques qui sont influencés par l'accroissement de l'apport en matières organiques. Silvert (1992, 1994a) a élaboré un modèle général de ce genre, et Sowles et al. (1994) ont utilisé des données sur différents sites aquacoles pour étalonner ces modèles conceptuels. Ces derniers décrivent et prédisent l'impact des charges organiques dans différentes conditions opérationnelles et environnementales et aident à la prise de décisions pour le choix de nouveaux sites ou l'expansion d'installations existantes.

La méthode de modélisation employée pour évaluer les impacts environnementaux de la salmoniculture dans le secteur des îles de l'ouest repose sur un ensemble de sous-modèles hiérarchiques emboîtés (fig. 3) décrits par Silvert (1994b). Le sous-modèle central, FISH, est une représentation entrée-sortie de la physiologie alimentaire des poissons d'élevage. À partir de variables environnementales comme la température et la photopériode, il calcule la quantité de nourriture consommée et les taux de croissance et d'excrétion correspondants en fonction de la taille et de l'âge du poisson. Le sous-modèle POINT, qui intègre le sous-modèle FISH, utilise la distribution selon la taille et selon l'âge de tous les poissons à chaque site; il calcule la charge totale de la source ponctuelle que constitue le site.

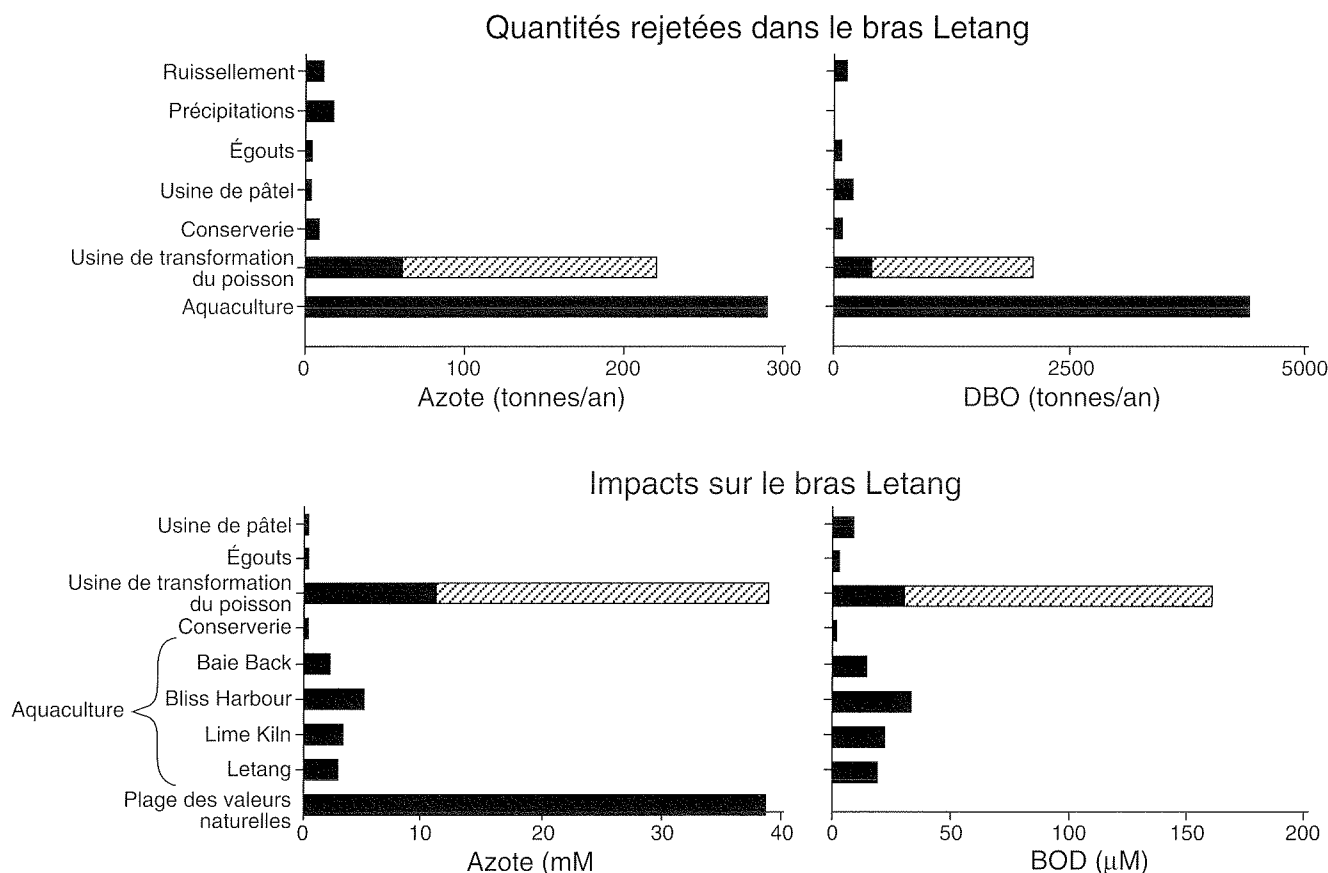


Figure 2 : Quantités totales d'azote (tonnes) rejetées par année et demande biochimique en oxygène (DBO) dans le bras Letang et impacts correspondants (modification des concentrations ambiantes dans les eaux réceptrices). Dans le cas de l'usine de transformation du poisson, les barres pleines indiquent les quantités d'azote mesurées après 1991, année où l'on a amélioré le système de gestion des déchets; la longueur totale de ces barres correspond aux quantités rejetées avant 1991.

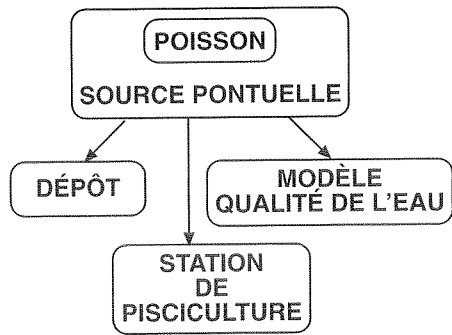
Le sous-modèle POINT peut servir à dériver plusieurs modèles différents ayant trait à divers types d'impacts environnementaux. Le modèle qui a le plus retenu l'attention jusqu'à présent est SETTLE, qui décrit le dépôt de résidus de nourriture et de pelotes fécales sur le fond au-dessous et à proximité du site (Silvert, 1994a; Gowen et al., 1994). Mentionnons également le modèle de la qualité de l'eau (WQM), qui décrit le transport des matières dissoutes et en suspension; on l'intègre actuellement au modèle hydrodynamique d'ASA dont il a déjà été question. Le modèle FARM sert à calculer les effets en champ proche, tels que la variation de la teneur en oxygène du benthos en fonction de la marée à un site donné.

L'analyse des données sur les impacts environnementaux des piscicultures souffre d'un problème majeur : il est difficile de constituer des ensembles complets

d'observations quantitatives. Souvent, les filets et les systèmes d'ancrage empêchent d'employer du matériel courant pour échantillonner le benthos, et les plongeurs ne peuvent utiliser que du matériel vidéo et des appareils d'échantillonnage simples. Il est donc difficile d'utiliser des données descriptives quantitatives pour décrire les conditions benthiques tout en préservant l'objectivité scientifique. La logique floue convient parfaitement au traitement de ce genre de données. On a eu recours à cette nouvelle technique pour analyser les données contenues dans des journaux d'observations effectuées par des plongeurs au-dessous d'un parc à poissons. Selon les résultats préliminaires, il existe une étroite corrélation entre les taux élevés d'enrichissement des sédiments, les fortes concentrations de matières organiques dans les sédiments et de nutriments dans les eaux interstitielles et les taux de dégradation des matières organiques.

La prochaine étape de l'utilisation de ces modèles consistera à élaborer une application sur ordinateur permettant de combiner données, modèles et expertise à l'appui de la prise de décisions (Silvert, 1994c,d). On travaille actuellement à mettre au point un système d'aide à la décision qui intégrera des versions simplifiées de plusieurs modèles et des données hydrographiques et environnementales géoréférencées (Silvert, 1994e). Les prévisions de la croissance des poissons (rendement des piscicultures) et des effets sur l'environnement réalisées par les modèles seront basées sur des informations propres à un site donné fournies par les utilisateurs (notamment la superficie, la profondeur, les vitesses maximum et minimum des courants et le nombre de poissons).

Les différentes méthodes employées pour modéliser les interactions entre l'environnement et la pisciculture ont été examinées à l'occasion d'un atelier interna-



Figur 2: Configuration des sous-modèles hiérarchiques utilisés dans les modèles de simulation de source ponctuelle de déchets de pisciculture.

tional tenu à l'IOB en septembre 1995. Les participants ont conclu que l'élaboration de modèles nécessite une approche intégrée qui doit coïncider dans le temps avec la mise en oeuvre d'outils de consultation. Ils estiment que, dans la pratique, il est essentiel de recourir aux modèles pour assurer le développement durable de la pisciculture des poissons dans les régions côtières.

### Références

GOWEN, R.J., D. SMYTH, and W. SILVERT. 1994. Modelling the spatial distribution and loading of organic fish farm waste to the seabed. p. 19-30. In B.T. Hargrave (Ed.). *Modelling Benthic Impacts of Organic Enrichment from Marine Aquaculture*. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1949: xi + 125 p.

HARGRAVE, B.T. (Editor) 1994.

Modelling benthic impacts of organic enrichment from marine aquaculture. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1949: xi + 125 p.

HARGRAVE, B.T., D.E. DUPLISEA, E. PFEIFFER, and D.J. WILDISH. 1993. Seasonal changes in benthic fluxes of dissolved oxygen and ammonium associated with marine cultured Atlantic salmon. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 90: 249-257.

HARGRAVE, B.T., G.A. PHILLIPS, L.I. DOUCETTE, M.J. WHITE, T.G. MILLIGAN, D.J. WILDISH, and R.E. CRANSTON. 1995. Biogeochemical observations to assess benthic impacts of organic enrichment from marine aquaculture in the Western Isles Region of the Bay of Fundy, 1994. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2062: v + 159 p.

SILVERT, W. 1992. Assessing environmental impacts of finfish aquaculture in marine waters. *Aquaculture* 107: 67-79.

SILVERT, W. 1994a. Modelling benthic deposition and impacts of organic matter loading, p. 1-18. In B.T. Hargrave (Ed.). *Modelling Benthic Impacts of Organic Enrichment from Marine Aquaculture*. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1949: xi + 125 p.

SILVERT, W. 1994b. Simulation models of finfish farms. *J. Appl. Ichthyol.* 10: 349-352.

SILVERT, W. 1994c. Decision support systems for aquaculture licensing. *J. Appl. Ichthyol.* 10: 307-311.

SILVERT, W. 1994d. Putting management models on the manager's desktop. *J. Biol. Systems* 2: 519-527.

SILVERT, W. 1994e. A decision support system for regulating finfish aquaculture. *Ecol. Model.* 75/76: 609-615.

SOWLES, J.W., L. CHURCHILL, and W. SILVERT. 1994. The effect of benthic carbon loading on the degradation of bottom conditions under farm sites. p. 31-46. In B.T. Hargrave (Ed.). *Modelling Benthic Impacts of Organic Enrichment from Marine Aquaculture*. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1949: xi + 125 p.

STRAIN, P.M., D.J. WILDISH and P.A. YEATS. 1995. The application of simple models of nutrient loading and oxygen demand to the management of a marine tidal inlet. *Mar. Poll. Bull.* 30: 253-261.

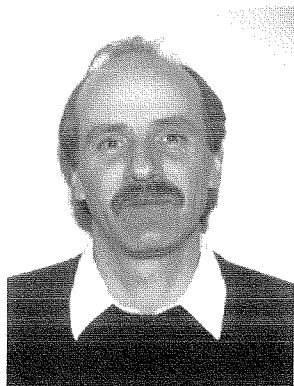
TRITES, R.W. and L. PETRIE. 1995. Physical oceanographic features of Letang Inlet including evaluation and results from a numerical model. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 163: 53 p.

WILDISH, D.J., J.L. MARTIN, R.W. TRITES and A.M. SAULNIER. 1990. A proposal for environmental research and monitoring of organic pollution caused by salmonid mariculture in the Bay of Fundy. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. No. 1724: iii + 24 p.

WILDISH, D.J., P.D. KEIZER, A.J. WILSON and J.L. MARTIN. 1993. Seasonal changes of dissolved oxygen and plant nutrients in seawater near salmonid net pens in the macrotidal Bay of Fundy. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50: 303-311.

# L'état des stocks de saumon atlantique dans les Maritimes

G.J. Chaput



G.J. Chaput

## Introduction

Dans l'est du Canada, sur plus de 550 cours d'eau abritant des populations de saumon atlantique, un tiers au moins se trouvent dans les Maritimes. Les deux plus importants cours d'eau fréquentés par le saumon atlantique dans l'est de l'Amérique du Nord sont situés au Nouveau-Brunswick. Le fleuve Saint-Jean, cours d'eau le plus important, draine un bassin hydrographique d'environ 55 000 km<sup>2</sup> (au Canada et aux États-Unis). La rivière Miramichi, qui draine une zone d'environ 14 000 km<sup>2</sup> vers la partie sud du golfe du Saint-Laurent, renferme la plus importante population de saumon atlantique; en effet, entre 1984 et 1994, 111 000 poissons en moyenne sont revenus frayer chaque année (Chaput et al., MS1995).

Chez le saumon atlantique, l'instinct de retour est très développé, et chaque cours d'eau possède une population de géniteurs qui lui est propre. Le saumon atlantique retourne vers sa rivière natale pour frayer après avoir passé un an en mer (saumon unibermarin) ou deux ans (saumon dibermarin). Sa quête de nourriture l'entraîne jusque dans la mer du Labrador, au large du Groenland et même en mer du Nord (Europe). À la différence des saumons pacifiques, le saumon atlantique ne meurt pas immédiatement après avoir frayed. Lorsqu'un saumon se reproduit plusieurs fois, il doit après chaque fraye redescendre en mer pour reprendre des forces et poursuivre sa croissance; mais des essais

de rétablissement artificiel de charognards (saumons qui ont frayed), effectués exclusivement en eau douce, ont été couronnés de succès.

Le saumon atlantique se distingue en outre par des différences géographiques dans ses caractéristiques biologiques. Au fond de la baie de Fundy, les stocks de saumon atteignent en général la maturité après un an seulement en mer, ils présentent une fréquence élevée de frayes successives et ne semblent pas migrer vers la mer du Labrador. Par contraste, les stocks de l'entrée de la baie de Fundy, du littoral atlantique de la Nouvelle-Écosse et du sud du golfe du Saint-Laurent sont composés à la fois de saumons unibermarins (en majorité des mâles) et de saumons dibermarins (en majorité des femelles), ils ont une fréquence plus faible de frayes successives et entreprennent de grandes migrations vers le large pour se nourrir. Comme les caractéristiques du cycle biologique des stocks de saumons de la région des Maritimes sont très variables, les évaluations sont effectuées à des échelles spatiales plus fines, souvent au niveau du cours d'eau. Depuis dix ans, nos connaissances ne cessent d'augmenter. En 1983, les évaluations ne portaient que sur les trois principaux cours d'eau des Maritimes (Saint-Jean, Miramichi et Restigouche). En 1994, les évaluations touchaient 26 cours d'eau (Direction des sciences, 1995).

L'évaluation du saumon atlantique comporte six volets :

- le dénombrement des captures,
- l'établissement des besoins cibles en géniteurs,
- l'estimation de la remonte,
- l'estimation de l'échappée et de la ponte,
- les conclusions sur l'état du stock et les perspectives,
- la prestation d'avis en matière de gestion des pêches.

Dans l'article qui suit, je résume l'état des stocks de saumon dans les Maritimes en 1994. Je montre également que les tendances de l'abondance divergent selon les stocks et que les perspectives dépendent du stock. Dans une région géographique,

l'abondance de saumons en eau douce est suffisante pour maintenir le recrutement de géniteurs. Dans une autre région, les stocks de saumons sont épuisés et le potentiel de rétablissement est limité par une baisse du recrutement tant en eau douce qu'en mer.

## Captures

En 1984, on a fermé de façon permanente les pêches commerciales dans les Maritimes. En 1967, les débarquements commerciaux ont atteint un plafond de plus de 800 tonnes mais, entre 1970 et 1985, ils se sont établis en moyenne à seulement 6 % du total des débarquements au Canada (Marshall, 1988). Dans le secteur de la pêche sportive, jusqu'en 1984, les captures se sont élevées en moyenne à un peu plus de 20 000 poissons, dont 85 % provenaient des cours d'eau de la partie sud du golfe du Saint-Laurent. Depuis 1984, tous les saumons dont la longueur à la fourche est supérieure ou égale à 63 cm doivent être remis à l'eau vivants. Cette mesure de gestion, de concert avec la fermeture de la pêche commerciale, visait à augmenter l'échappée de géniteurs de grande taille qui, ces dernières années, était inférieure à la cible. À l'heure actuelle, la pêche de subsistance des Premières Nations représente la totalité des captures des saumons de grande taille, mais seulement 15 % des captures de saumons de petite taille, la pêche sportive représentant les 85 % restants (Anon., 1995a).

## Objectifs

La définition officielle de la conservation du saumon atlantique, adoptée en 1991, est fondée sur la Stratégie mondiale de la conservation. La conservation doit permettre « la pleine obtention des avantages durables tirés de la ressource » (CSCPCA, 1991). L'application pratique de cette définition repose sur la production potentielle des stocks de saumons. À cette fin, on applique un niveau de ponte provisoire de 2,4 oeufs par m<sup>2</sup> pour les habitats de croissance en cours d'eau. Il s'agit là d'une valeur provisoire qui pourra être remplacée par la valeur précise propre au cours d'eau dès que celle-ci sera connue.



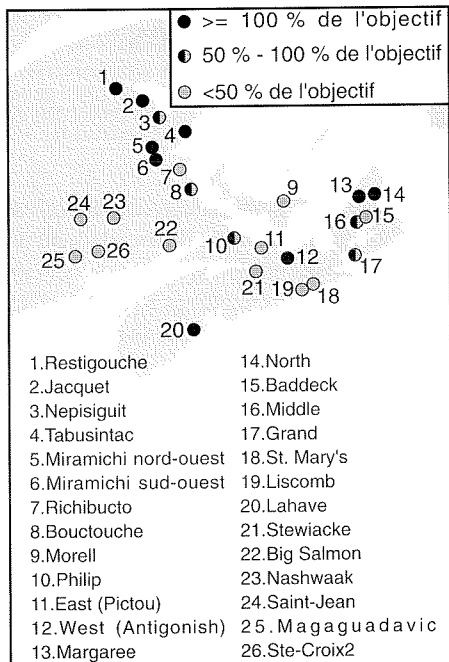


Figure 1. Ponte en 1994 par rapport aux objectifs fixés pour 26 cours d'eau des Maritimes. Les chiffres et les données sont tirés d'Anon. (1995a).

À titre d'exemple, la superficie de l'habitat de la rivière Miramichi est d'environ 55 millions de m<sup>2</sup>, ce qui se traduit par un objectif de ponte de 132 millions d'oeufs. En général, ces objectifs sont convertis en nombre de géniteurs requis, d'après la fécondité moyenne du stock, ce qui, pour la rivière Miramichi correspond à 23 600 saumons de grande taille.

### Estimation de la remonte et de l'échappée

Différentes techniques permettent d'estimer la remonte totale. En 1994, on a évalué 26 cours d'eau à l'aide des méthodes suivantes : dénombrements aux échelles à poissons et aux barrières (11 cours d'eau), marquages et recaptures (7 cours d'eau), relevés visuels, par exemple avec masque et tuba (4 cours d'eau) et captures des pêcheurs sportifs (4 cours d'eau). La remonte représente la taille de la population avant tout prélèvement en rivière. L'échappée de géniteurs correspond simplement à la remonte moins tous les prélèvements connus en rivière.

### État des stocks en 1994

La santé des stocks de saumons sauvages dans les Maritimes présente des différences géographiques. La remonte et l'échappée de géniteurs dans les cours d'eau qui se jettent dans la baie de Fundy et dans la plupart des cours d'eau du littoral atlantique

de la Nouvelle-Écosse étaient insuffisants (moins de 50 % de l'objectif visé) (fig. 1). Par contre, les échappées étaient élevées dans les cours d'eau qui se jettent dans le golfe du Saint-Laurent, où la ponte était égale ou supérieure aux cibles.

On a enregistré des déficits importants de la ponte dans les cours d'eau qui se jettent dans la baie de Fundy et sur le littoral atlantique malgré des programmes intensifs d'ensemencement de smolts. Pour donner une idée de l'ampleur de ces programmes, on a libéré 681 000 smolts dans les zones suivantes : 250 000 dans le Saint-Jean, 232 000 dans dix cours d'eau du sud-ouest de la Nouvelle-Écosse (zone de pêche du saumon 21), 112 000 dans six cours d'eau de l'Eastern Shore (ZPS 20) et 87 000 dans six cours d'eau de l'est du Cap-Breton (ZPS 19) (fig. 2). Le programme d'ensemencement vise à atténuer les pertes dues aux précipitations acides (ZPS 20 et 21) et aux ouvrages hydroélectriques, et à mettre en valeur les stocks sauvages. Les saumons retournant dans les cours d'eau acidifiés ou obstrués comprennent une forte proportion de poisson d'élevage. Ces poissons constituent une proportion négligeable de saumons qui reviennent dans les cours d'eau du sud du golfe du Saint-Laurent, à l'exception de la rivière Morell dans l'Île-du-Prince-Édouard (fig. 2).

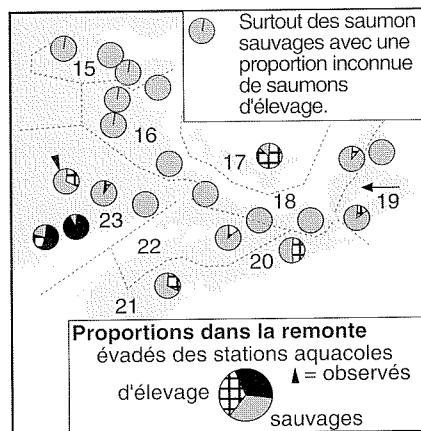


Figure 2. Proportion des saumons sauvages, des saumons d'élevage et des évadés des stations aquacoles dans la remonte totale de 1994 dans certains cours d'eau des Maritimes. Les chiffres dans le texte correspondent aux zones de pêche du saumon (ZPS) 15 à 23. Les chiffres et les données sont tirés d'Anon., 1995a.

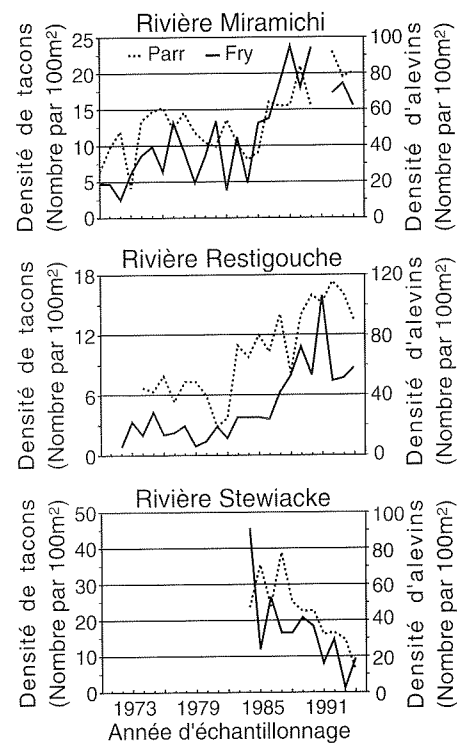


Figure 3. Tendances de la densité des juvéniles dans trois cours d'eau de la région des Maritimes. Sources des données : rivière Restigouche (Locke et al., MS1995); rivière Miramichi (Chaput et al., MS1995); rivière Stewiacke, de 1984 à 1991 (Amiro MS1992) et de 1992 à 1994 (Anon., 1995a).

Les évadés des stations aquacoles représentent une menace potentielle pour la survie des stocks sauvages de la baie de Fundy. Des saumons évadés des installations piscicoles de la baie Passamaquoddy ont été capturés dans plusieurs cours d'eau du Nouveau-Brunswick qui se jettent dans la baie de Fundy, et ces évadés dominaient la remonte des rivières Ste-Croix et Magaguadavic (fig. 2). On a estimé entre 20 000 et 40 000 le nombre de poissons qui s'étaient évadés des cages d'élevage lors d'une seule tempête en 1994, valeur qui est supérieure à toute la remonte de saumon atlantique, sauvage et d'élevage, vers tous les cours d'eau qui se jettent dans la baie de Fundy pour 1994.

### État de la pêche depuis vingt ans

La pêche commerciale a été fermée et, en 1984, la pêche sportive des gros saumons a été convertie en pêche de capture et remise à l'eau en réponse à la baisse de l'échappée de saumon atlantique dans l'ensemble des provinces Maritimes. Par cette mesure de gestion, on s'attendait à une augmentation de l'échappée accompagnée d'une hausse du recrutement dans les générations futures. Les prévisions se sont

vérifiées pour les stocks du sud du golfe du Saint-Laurent, mais pas dans les cours d'eau qui se jettent dans la baie de Fundy et sur le littoral atlantique.

Depuis 1970, des relevés de juvéniles sont effectués tous les ans à des sites repères dans la Miramichi et la Restigouche. L'augmentation de l'échappée de saumons adultes dans ces cours d'eau a été suivie d'une hausse du nombre d'alevins (jeunes de l'année) et de tacons (juvéniles d'un an ou plus) (fig. 3). La densité de saumons juvéniles demeure élevée depuis 1985, soit environ le double de celle observée dans les années 70. Une série chronologique plus courte de données sur les juvéniles de la rivière Stewiacke (fond de la baie de Fundy) montre une

tendance opposée, la densité d'alevins et de tacons diminuant depuis 1984 pour atteindre, en 1994, le plus bas niveau jamais atteint (fig. 3).

L'échappée de géniteurs et le nombre total de saumon dibermarins qui reviennent montrent également des tendances opposées dans les deux régions géographiques. En général, alors que dans les années 70 on a enregistré une augmentation des retours et des échappées dans le sud du golfe du Saint-Laurent, les échappées des cours d'eau qui se jettent dans la baie de Fundy et sur le littoral atlantique ont atteint un plafond en 1985; la tendance à la baisse des retours et du nombre de géniteurs s'est poursuivie pour atteindre, en 1994, le plus bas niveau jamais enregistré (fig. 4). En 1994, on a

estimé que l'échappée de saumons dibermarins vers les cours d'eau canadiens avait été inférieure à 82 000 saumons, dont 50 % ont frayé dans les cours d'eau qui se jettent dans le sud du golfe du Saint-Laurent (Anon., 1995b). Avec des stocks de saumons en santé dans l'ensemble du Canada, les stocks du sud du golfe devraient fournir environ 28 % de l'échappée totale de géniteurs dibermarins au Canada.

### Pourquoi les régions diffèrent-elles?

Sur le plan des perturbations de l'habitat, les cours d'eau de la partie sud du golfe du Saint-Laurent sont relativement intacts. Les pluies acides ont altéré un grand nombre de rivières du littoral atlantique. On a harnaché à des fins de production d'hydroélectricité cinq cours d'eau qui se jettent dans la baie de Fundy, dont le plus connu est le fleuve Saint-Jean. Plus récemment, on a construit une centrale marémotrice à l'embouchure de la rivière Annapolis (Nouvelle-Écosse). Plusieurs cours d'eau qui se jettent dans la baie de Fundy sont de plus perturbés par des chaussées qui ont été construites à leur embouchure ou à proximité, notamment sur l'Annapolis (Nouvelle-Écosse) et sur la Petitcodiac (Nouveau-Brunswick). Les dispositifs installés pour permettre le passage des saumons dans cette dernière sont inefficaces.

Les conditions du milieu marin ont également changé. L'habitat marin d'hiver dans l'Atlantique Nord-Ouest, évalué d'après la température superficielle de l'eau et les fonctions de probabilité correspondantes de l'abondance du saumon selon la température (Reddin et al., 1993), diminue depuis 1983 et demeure à un bas niveau comparativement aux années 70 (fig. 5). De janvier à mai, la superficie de l'habitat marin est fortement corrélée à l'abondance de saumons dibermarins en Amérique du Nord (Anon., 1995b). Il existe également une forte corrélation entre la superficie de l'habitat marin et la survie en mer des smolts d'élevage qui reviennent au fleuve Saint-Jean (fig. 5), ce qui semble indiquer qu'un facteur lié à l'environnement marin serait responsable de l'épuisement des stocks. Le lien avec la remonte de saumons dibermarins du sud du golfe du Saint-Laurent n'est pas évident, mais on a enregistré des retours plus

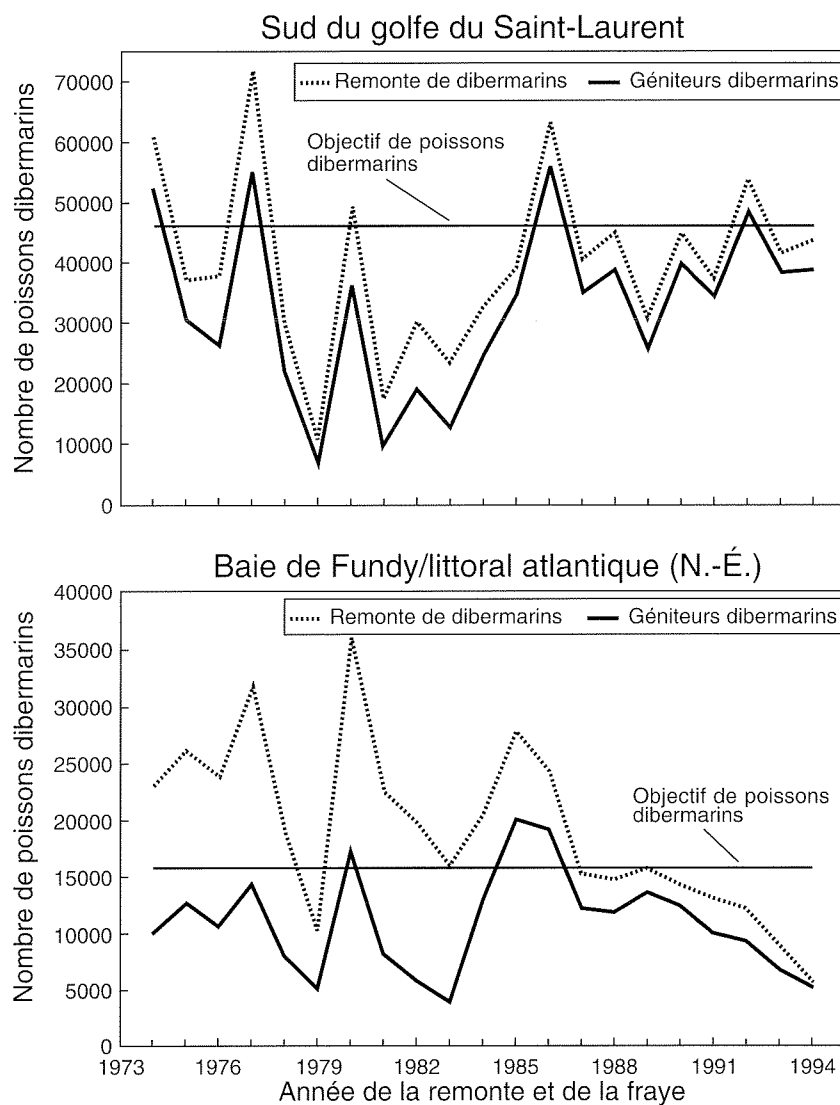


Figure 4. Tendances de la remonte et de l'échappée de saumons dibermarins vers deux régions des Maritimes, de 1974 à 1994. Données tirées d'Anon. (1995b).

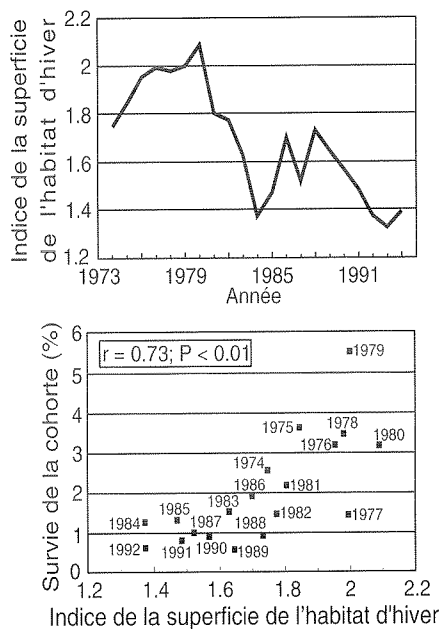


Figure 5. Tendances de l'indice de l'habitat marin d'hiver dans l'Atlantique Nord-Ouest (partie supérieure) et rapport entre l'indice de l'habitat marin et de la survie en mer de la cohorte de smolts d'élevage du Saint-Jean (partie inférieure). Les données sur l'indice de l'habitat sont tirées d'Anon. (1995b) et les données sur la survie en mer des smolts, de Marshall et Cameron (MS1995).

nombreux de saumons dans les années 70 lorsque les pêcheurs hauturiers du Groenland prélevaient annuellement jusqu'à 200 000 saumons provenant d'Amérique du Nord (Anon., 1990). À cette période-là, la densité de juvéniles dans la Miramichi et la Restigouche ne dépassait pas la moitié du niveau actuel. Ces dernières années, les remontes de saumons d'Amérique du Nord vers les rivières du sud du golfe du Saint-Laurent sont stables malgré une baisse de la survie en mer observée chez d'autres stocks. Des remontes stables pourraient être le résultat d'une forte production de smolts dans ces rivières, comme l'indiquait la densité accrue de juvéniles.

### Perspectives à long terme

En ce qui concerne les stocks du sud du golfe du Saint-Laurent, on s'attend à ce que le nombre de saumons qui reviennent soit le même ou qu'il augmente, en particulier si la survie en mer est stable ou s'améliore. Pour ce qui est des stocks de la baie de Fundy et du littoral atlantique de la Nouvelle-Écosse, l'optimisme ne se justifie guère. La production en eau douce, même si elle n'est pas touchée par les

perturbations de l'habitat comme dans le cas de la rivière Stewiacke, est réduite. Même si la survie en mer devait s'améliorer nettement, on s'attend à ce que la production de smolts dans ces cours d'eau soit moins importante, et le rétablissement au niveau des années 70 sera de nouveau retardé.

La réglementation des pêches risque peu d'améliorer la survie en mer parce que la mortalité par pêche a été pratiquement éliminée. Les saumons de grande taille ne sont capturés que dans le cadre de la pêche de subsistance des Premières Nations, et ces captures représentent une part négligeable (<1 %) du total de la remonte. Des vestiges de la pêche commerciale en mer subsistent sur la côte du Labrador et la côte nord du Québec. Au Groenland, les captures, qui avaient atteint un pic d'environ 2 700 t en 1971, ont chuté considérablement (Jensen, 1988).

Chadwick (1995) a proposé l'établissement de cours d'eau repères comme le mode de gestion le plus utile des stocks de poissons anadromes. Aucun cours d'eau des Maritimes n'est représentatif de l'état des stocks du saumon atlantique, mais il existe deux grandes régions géographiques, soit les cours d'eau du sud du golfe du Saint-Laurent et les cours d'eau qui se jettent dans la baie de Fundy et sur le littoral atlantique, dans lesquelles l'état des stocks est assez uniforme. Le saumon atlantique des Maritimes se caractérise par la structure complexe de ses stocks. Il nous faut des indicateurs fiables de l'abondance des stocks afin de bien gérer la ressource. Pour garantir une saine gestion de cette ressource, il faut admettre sa diversité et surveiller le plus grand nombre de stocks possible.

### Références

AMIRO, P.G. MS1992. Review of Atlantic salmon stocks of inner Bay of Fundy rivers, 1991. Can. Atlantic Fish. Scient. Adv. Comm. Res. Doc. 92/17. 16 p.  
 ANONYMOUS. 1990. Report of the North Atlantic salmon working group. Int. Council for the Explor. of the Sea C.M. 1990/Assess: 11. 133 p.  
 ANONYMOUS. 1995a. Report on the status of Atlantic salmon stocks in eastern Canada in 1994. Dept. of Fisheries and

Oceans Atlantic Fisheries Stock Status Report 95/2. 149 p.

ANONYMOUS. 1995b. Report of the Working Group on North Atlantic Salmon. Int. Council for the Explor. of the Sea C.M. 1995/Assess: 14 Ref. M. 191 p.

CSCPCA. 1991. Définition de la conservation du saumon de l'Atlantique. Comité scientifique consultatif des pêches canadiennes dans l'Atlantique. Document consultatif du CSCPCA 91/15. 4 p.

CHADWICK, M. 1995. Index rivers: a key to managing anadromous fish. Reviews in Fish Biology and Fisheries 5: 38-51.

CHAPUT, G., M. BIRON, D. MOORE, B. DUBE, M. HAMBROOK and B. HOOPER. MS1995. Stock status of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the Miramichi River, 1994. Dept. of Fisheries and Oceans Atlantic Fisheries Res. Doc. 95/131. 77 p.

JENSEN, J.M. 1988. Exploitation and migration of salmon on the high seas, in relation to Greenland. p. 438-457. In D. Mills and D. Piggins [ed.]. Atlantic salmon: planning for the future. Proc. of the Third International Atlantic Salmon Symposium, 1986. Croom Helm, London.

LOCKE, A., R. PICKARD, F. MOWBRAY, G. LANDRY and A. MADDEN. MS1995. Status of Atlantic salmon in the Restigouche River in 1994. Dept. of Fisheries and Oceans Atlantic Fisheries Res. Doc. 95/122. 62 p.

MARSHALL, T.L. 1988. Harvest and recent management of Atlantic salmon in Canada. p. 117-142. In D. Mills and D. Piggins [ed.]. Atlantic salmon: planning for the future. Proc. of the Third International Atlantic Salmon Symposium, 1986. Croom Helm, London.

MARSHALL, T.L. and J.D. CAMERON. MS1995. Status of Atlantic salmon stocks of the Saint John River and southwest New Brunswick, 1994. Dept. of Fisheries and Oceans Atlantic Fisheries Res. Doc. 95/129. 52 p.

REDDIN, D.G., K.D. FRIEDLAND, P.G. RAGO, D.A. DUNKLEY, L. CARLSSON, and D. MEERBURG. 1993. Forecasting the abundance of North American two sea-winter salmon stocks and the provision of catch advice for the West Greenland salmon fishery. ICES C.M. 1993 M: 43. 23 p.

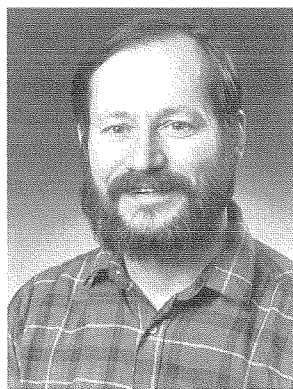
DIRECTION DES SCIENCES. 1995. Rapport sur l'état des stocks des poissons diadromes pour la région du Golfe. 1995. Rapport manuscrit canadien des sciences halieutiques et aquatiques. N° 2286. 343p.

# Variabilité du climat de l'océan sur la plate-forme néo-écossaise et dans le golfe du Maine

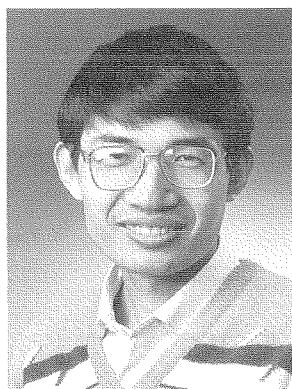
B. Petrie, K. Drinkwater, G. Han, C. Hannah, J. W. Loder and P. Smith



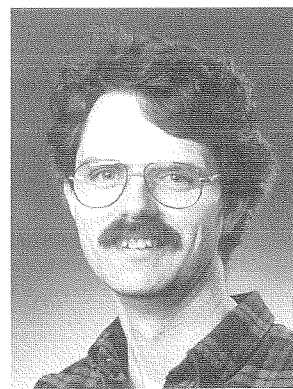
*B. Petrie*



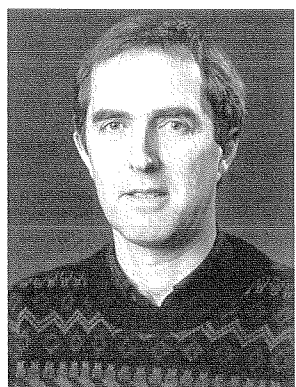
*K. Drinkwater*



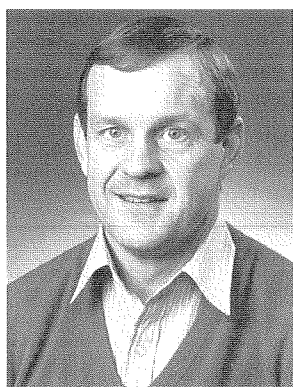
*G. Han*



*C. Hannah*



*J. W. Loder*



*P. Smith*

## Introduction

Voilà trente-deux ans, lors du symposium sur l'environnement de la Commission internationale des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (CIPANO), Louis Lauzier, de la Station biologique de St. Andrews, faisait une présentation sur les variations à long terme de la température de l'air et de l'eau dans la région de la plate-forme néo-écossaise et du golfe du Maine (Lauzier, 1964; voir la carte de la fig. 1). Grâce à des séries chronologiques de la température superficielle de la mer provenant de sites côtiers et de bateaux-phares, et à des données concernant des profondeurs plus grandes recueillies à un petit nombre de chenaux et de bancs au large, il avait pu décrire les fluctuations interannuelles et les tendances à

plus long terme du climat de l'océan du détroit de Cabot jusqu'au centre du golfe du Maine. En clôture, M. Lauzier précisait : « Nous ne pouvons pas expliquer les variations à long terme des températures que nous avons décrites... Il est essentiel de disposer de davantage d'informations sur la circulation, sur la production de masses d'eau et sur le bilan thermique. Nous savons peu de choses sur les deux premiers éléments, et encore moins sur le troisième. »

Depuis la présentation de Louis Lauzier, le climat de l'océan dans le secteur de la plate-forme néo-écossaise et du golfe du Maine a continué de connaître des variations à court et à long terme. On a également constaté une hausse spectaculaire de la quantité de données de température et de

salinité recueillies dans ce secteur. Grâce à de vastes bases de données d'observation océanographique et à des outils qui en permettent une extraction et une analyse rapides, nous avons pu décrire ces fluctuations climatologiques avec beaucoup plus de détails que par le passé. Les données météorologiques et celles de la température superficielle de la mer ont été combinées pour le calcul du transfert de chaleur entre l'atmosphère et l'océan. En outre, des modèles ont été mis au point qui peuvent examiner les effets des changements climatiques sur les courants océaniques du plateau continental. Tous ces éléments ont contribué aux progrès réalisés dans l'étude des questions soulevées par Louis Lauzier.

## Conditions moyennes

Avant d'entamer la discussion des variations climatiques qui prennent place dans la région de la plate-forme néo-écossaise et du golfe du Maine, nous allons rapidement décrire les conditions moyennes. Par exemple, la figure 2 présente les conditions hivernales de température et de salinité en surface pour le plateau du nord-ouest de l'Atlantique. Dans la région de la plate-forme néo-écossaise et du golfe du Maine, on observe à la surface des températures de l'eau situées entre environ  $-1^{\circ}\text{C}$  et  $6^{\circ}\text{C}$  et des salinités de 32-33. La région fait partie d'une vaste zone géographique qui regroupe le golfe du

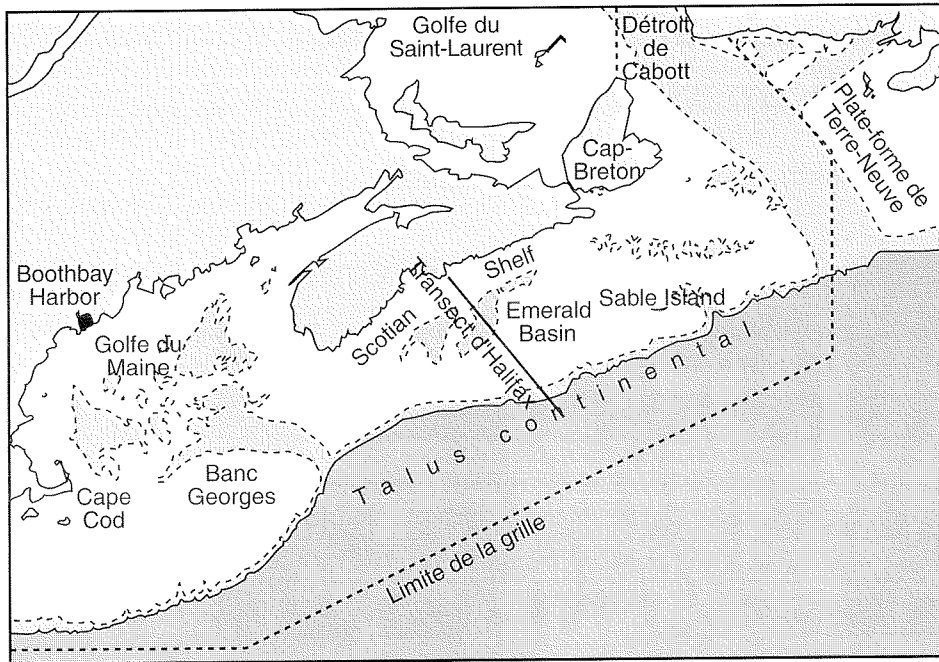


Figure 1 : Carte portant les noms de lieux utilisés dans le texte.

Saint-Laurent et les plateaux continentaux de Terre-Neuve et du Labrador. Les eaux y ont tendance à se déplacer en direction générale du sud-ouest, du plateau du Labrador à celui de Terre-Neuve puis au golfe du Saint-Laurent, et enfin au secteur de la plate-forme néo-écossaise et du golfe du Maine. L'origine septentrionale des eaux de la région explique qu'elles ont des températures et des salinités plus basses que les eaux océaniques au large. L'apport fluvial et le ruissellement des terres tendent aussi à en abaisser la salinité. Sur le talus continental bordant la plate-forme néo-écossaise, la température et la salinité remontent à des valeurs caractéristiques du Gulf Stream et de la mer des Sargasses. On a donc l'impression d'un régime de plateau distinct de celui de l'océan profond adjacent. La situation est sensiblement la même toute l'année.

La température et la salinité fluctuent aussi avec la profondeur et la saison. En hiver, sur le transect d'Halifax (indiqué à la fig. 1), l'océan présente une structure en deux couches, des eaux plus froides et plus douces près de la surface sus-jacentes à des eaux plus chaudes et plus salées (fig. 3). En été, la température des eaux proches de la surface monte considérablement, d'où une structure en trois couches : une couche chaude en surface, une couche froide à moyenne profondeur et une couche chaude au fond. La couche de fond dans le bassin

d'Émeraude, profond bassin du plateau indiqué à la figure 3, est formée par l'eau relativement dense du talus continental qui gagne le plateau et inonde les bassins intérieurs. Par mélange, ces eaux influent graduellement sur les eaux moins profondes du plateau. Les eaux des fonds bassins intérieurs y restent généralement jusqu'à ce qu'elles soient déplacées par un autre apport d'eau de pente.

Sur le haut du plateau continental, l'eau est composée de deux types principaux : l'eau de pente du Labrador, issue

principalement du courant du Labrador, avec des températures de 4 °C à 8 °C et des salinités de 34-35; et l'eau de pente chaude, composée en grande partie d'eau du Gulf Stream, avec des températures et des salinités plus élevées, de 8 °C à 13 °C et de 34,5-35,5, respectivement. Ce sont les fluctuations dans les proportions de ces deux types d'eau de pente, avec prédominance à certains moments d'eau de pente du Labrador, plus fraîche et plus douce, et, à d'autres, d'eau de pente chaude, qui est aussi plus salée, qui causent les variations de température et de salinité des eaux du plateau.

### Variabilité de la température et de la salinité

#### Variations temporelles

Une des séries de données utilisées par Louis Lauzier pour illustrer la variabilité climatique de l'océan était l'enregistrement des températures superficielles de la mer à Boothbay Harbor, dans le Maine. Cet enregistrement, qui débute en 1906, est un des plus longs pour la côte est de l'Amérique du Nord. Les températures moyennes annuelles y montrent de fortes fluctuations interannuelles (fig. 4); en outre, il s'est produit de longues périodes pendant lesquelles les températures étaient bien supérieures à la normale, en particulier de la fin des années 40 à la fin des années 50, ou bien inférieures, durant plusieurs années centrées sur 1915, 1940 et 1965. Pour

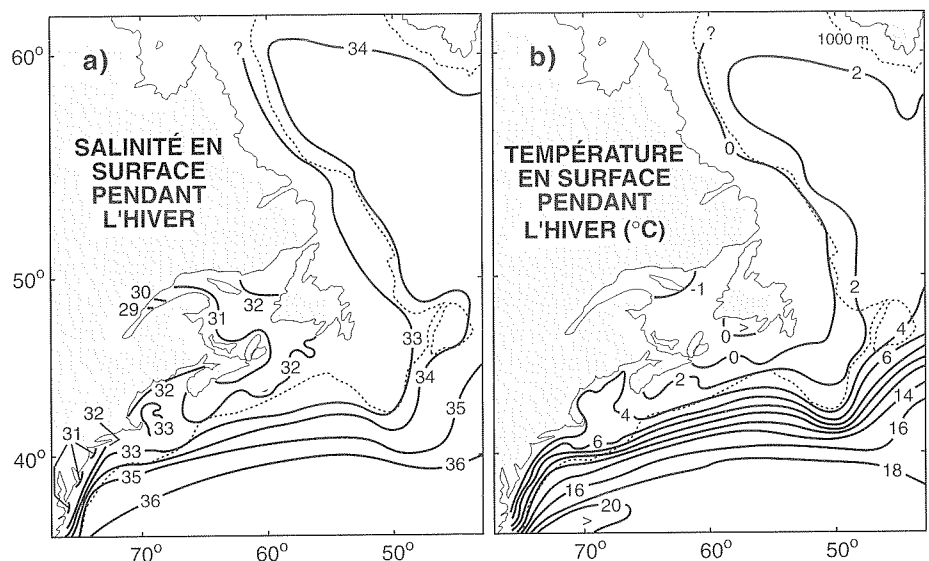


Figure 2 : Température et salinité en surface pendant l'hiver, dans la région du plateau de l'Atlantique Nord-Ouest

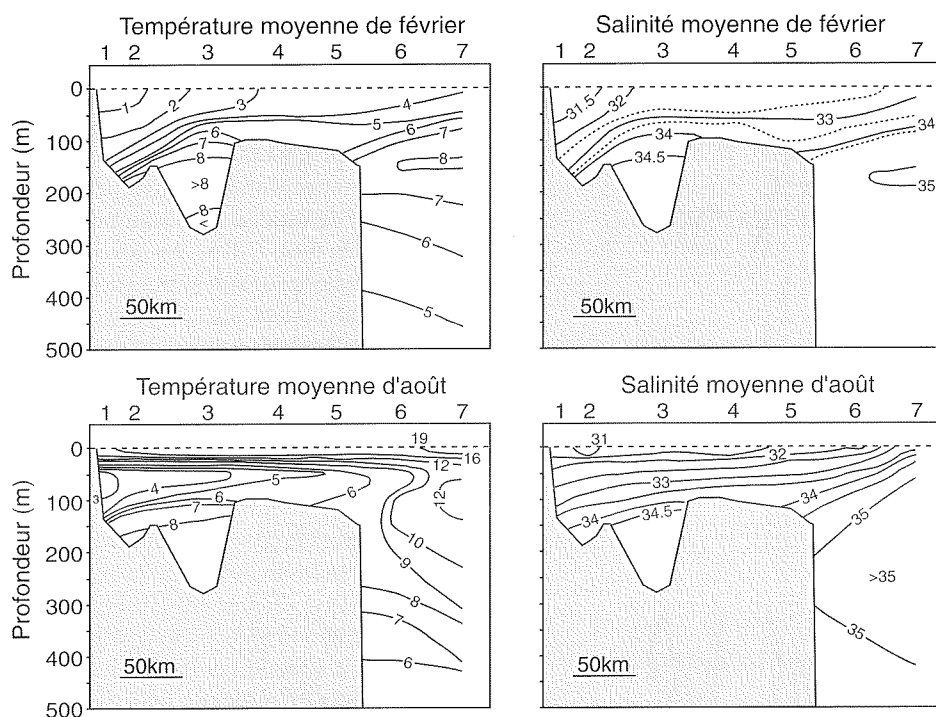


Figure 3 : Température et salinité moyennes de février et d'août sur le transect d'Halifax (plate-forme néo-écossaise).

déterminer si les mêmes variations étaient aussi survenues au large, nous avons examiné les données recueillies par des navires océanographiques. Cependant, nous avons dû nous limiter aux 50 dernières années, car il n'y a eu qu'un petit nombre de relevés avant 1950. Même depuis lors, on dispose de beaucoup plus de données pour certaines parties du plateau que pour d'autres.

L'une de ces zones est le bassin d'Émeraude, où des observations ont fréquemment été faites pendant trois décennies, dans le cadre de l'étude du transect océanographique standard d'Halifax. En outre, comme on l'a déjà vu, les données du bassin couvrent toute la gamme des propriétés de température et de salinité des eaux du plateau, dont les eaux du large provenant du haut du talus continental.

La variabilité de l'anomalie de température annuelle (écart entre la température moyenne d'une année donnée et la moyenne calculée pour toutes les années combinées) est très semblable aux fluctuations de la température à Boothbay Harbor pour la même période (fig. 5). Du début des années 50 au milieu des années 60, les températures du bassin d'Émeraude

ont régulièrement baissé, passant d'environ 1 °C au-dessus de la normale (anomalie positive) à environ 3 °C en dessous (anomalie négative), dans la couche de 0 à 200 m. Pendant cette période, la baisse a été plus marquée dans la couche inférieure (100-200 m) que dans la couche supérieure (0-100 m). À la fin des années 60, il y a eu un rapide retour à des températures supérieures à la normale, de telle sorte que, vers le milieu des années 70, les valeurs avaient rejoint le maximum précédent. Par la suite, les températures sont restées au-dessus ou près de la normale. À l'occasion, comme vers la fin des années 80, la couche de 0 à 100 m a connu des températures sous la normale. Par contre,

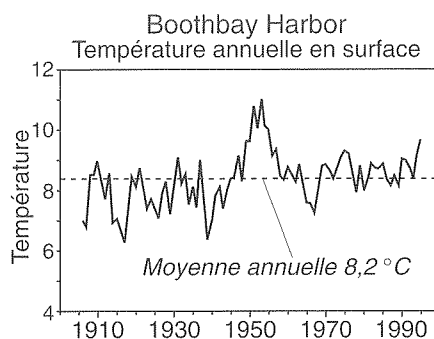


Figure 4 : Série chronologique de la température annuelle en surface à Boothbay Harbor (Maine) de 1906 à 1995.

les températures de 1994-1995 ont été parmi les plus élevées jamais enregistrées. Si l'on considère la totalité de la période, la couche inférieure a manifesté des anomalies plus grandes que la couche supérieure. C'est là un des facteurs qui ont poussé Petrie et Drinkwater (1993) à conclure que les changements à long terme étaient dus au fait que des eaux subsuperficielles du haut du talus continental gagnaient le plateau et inondaient les profonds bassins intérieurs. Ces eaux passeraient ensuite dans les couches supérieures, leur influence diminuant à mesure du mélange avec les eaux plus proches de la surface.

Les variations de la salinité sont moins systématiques que celles de la température. Cependant, c'est généralement pendant les périodes de températures sous la normale que l'on constate des salinités inférieures à la normale, et inversement. Cela concorde avec la prédominance d'eau de pente du Labrador pendant les épisodes d'anomalies négatives et avec l'influence accrue de l'eau de pente chaude pendant les épisodes d'anomalies positives.

## Variations spatiales

Les fluctuations de température et de salinité indiquées par les figures 4 et 5 sont-elles très généralisées? Par exemple, du milieu des années 60 au début des années 70, les températures de l'eau ont-elles changé dans la totalité de la région de la plate-forme néo-écossaise et du golfe du Maine aussi spectaculairement que dans le bassin d'Émeraude? Comme l'on ne dispose pas d'assez de données pour cartographier les variations interannuelles de la température et de la salinité dans toute la région, nous avons combiné les données de la période de 1959 à 1967 pour représenter une période froide (donc les années 60 froides) et les observations de 1972 à 1981 pour représenter une période chaude (les années 70 chaudes), à partir de l'enregistrement du bassin d'Émeraude (fig. 5). Nous pensons que, puisque nous avons fait une moyenne sur de nombreuses années, les différences de température et de salinité entre les deux périodes devraient être inférieures aux différences de près de 5 °C et de 1 présentées à la figure 5.

Avec chacun des ensembles combinés de données, nous avons calculé les températures et les salinités pour chaque saison et pour la partie du plateau continental s'étendant du détroit de Cabot à Cape

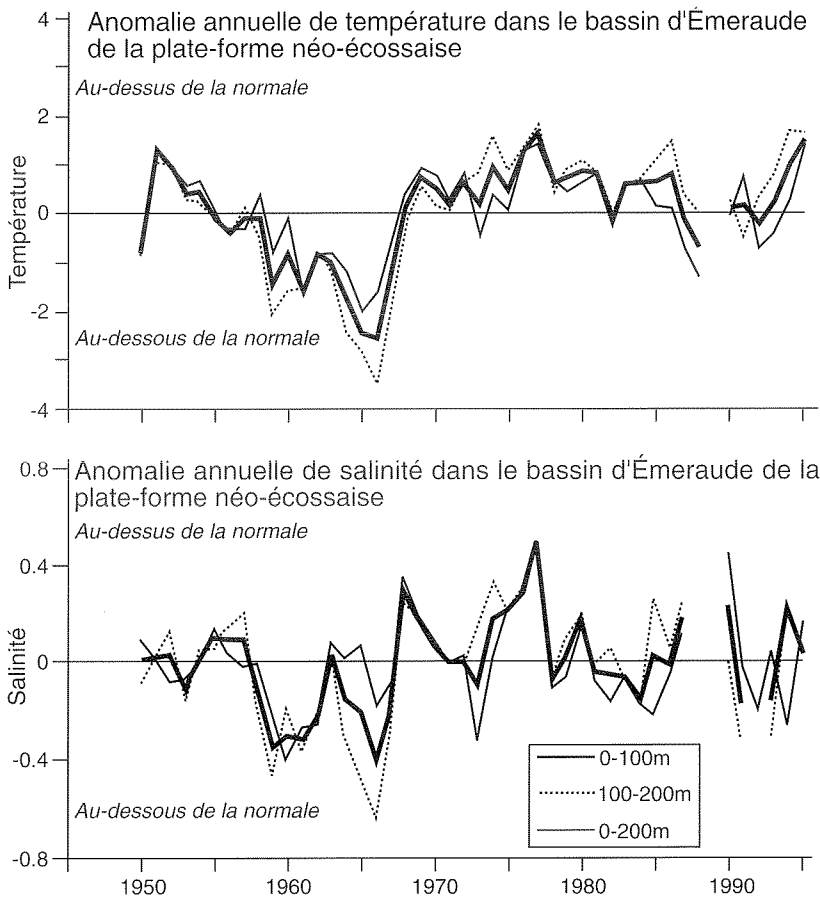


Figure 5 : Série chronologique des anomalies annuelles de température et de salinité dans le bassin d'Émeraude pour les couches de 0-200 m, 0-100 m et 100-200 m. Les lacunes dans l'enregistrement indiquent les années pendant lesquelles on n'a pas recueilli de données.

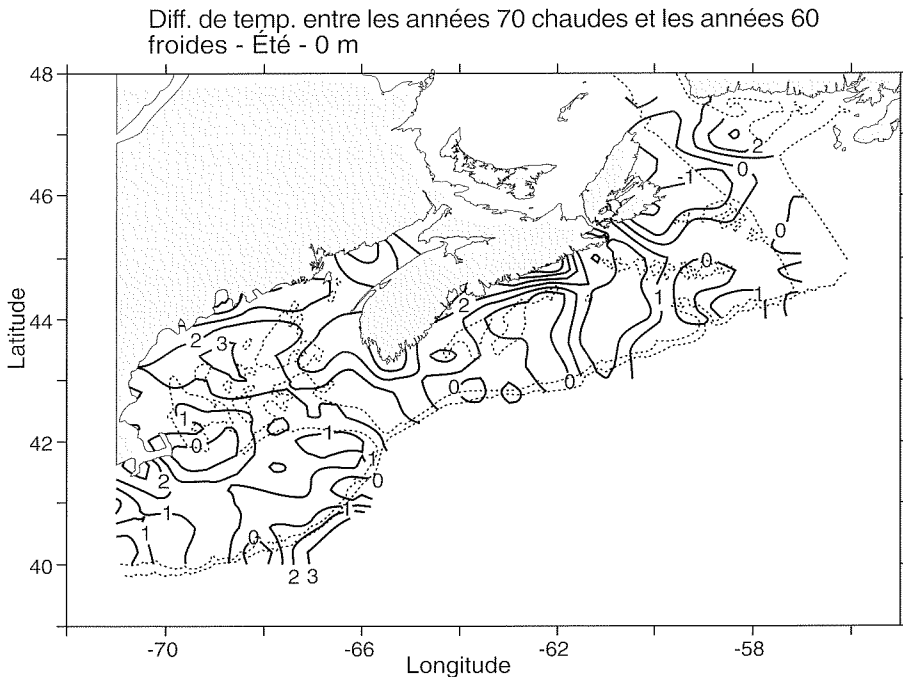


Figure 6 : Différences de température superficielle en été (années 70 chaudes - années 60 froides). Une différence positive indique que la température était plus élevée dans les années 70 chaudes que dans les années 60 froides, et inversement.

Cod, ainsi que pour une zone limitée du talus continental (indiquée par les limites de la grille de la fig. 1). Les différences entre les années chaudes et les années froides pendant l'été pour la surface de la mer et le fond (ou une profondeur maximale de 300 m, si le fond est plus bas) sont présentées aux figures 6 et 7. Des valeurs positives dénotent que les températures des années 70 chaudes étaient plus élevées que pendant les années 60 froides, et des valeurs négatives l'inverse.

En surface, les différences varient d'environ -1 °C à +3 °C (fig. 6). On trouve des valeurs négatives sur l'est de la plate-forme néo-écossaise, surtout à l'est du Cap Breton, et dans une zone couvrant la plus grande partie du bassin d'Émeraude et s'étendant au sud jusqu'au talus continental. Sur la plus grande partie de la zone, on constate des différences de 1 à 2 °C. Dans le golfe du Maine, il y a un petit secteur présentant des différences d'environ 3 °C.

Au fond, les différences de température varient de juste en-dessous de zéro à environ 3 °C et sont généralement plus importantes qu'en surface (fig. 7). Les différences négatives sont limitées à l'est de la plate-forme néo-écossaise et aux environs de l'île de Sable; ailleurs, les différences sont positives. En particulier, la zone située sur le bassin d'Émeraude et à l'ouest de celui-ci montre une valeur de 3 °C. Les différences de température dans le golfe du Maine et sur le banc Georges sont de 1 à 2 °C.

Des analyses similaires montrent que les années 70 ont connu des salinités plus élevées, associées à des températures plus élevées sur la plus grande partie de la plate-forme néo-écossaise et du golfe du Maine. L'est de la plate-forme néo-écossaise faisait exception, avec des salinités de surface plus basses pendant les années 70, correspondant aux températures plus basses que l'on y a relevées.

Nous en concluons que le passage à des températures et des salinités plus élevées entre les années 60 et les années 70 était généralisé sur la totalité de la plate-forme néo-écossaise et du golfe du Maine, mais que l'ampleur du changement variait selon les endroits. Les séries chronologiques de température et de salinité du bassin

Diff. de temp. au fond entre les années 70 chaudes et les années 60 froides - Été

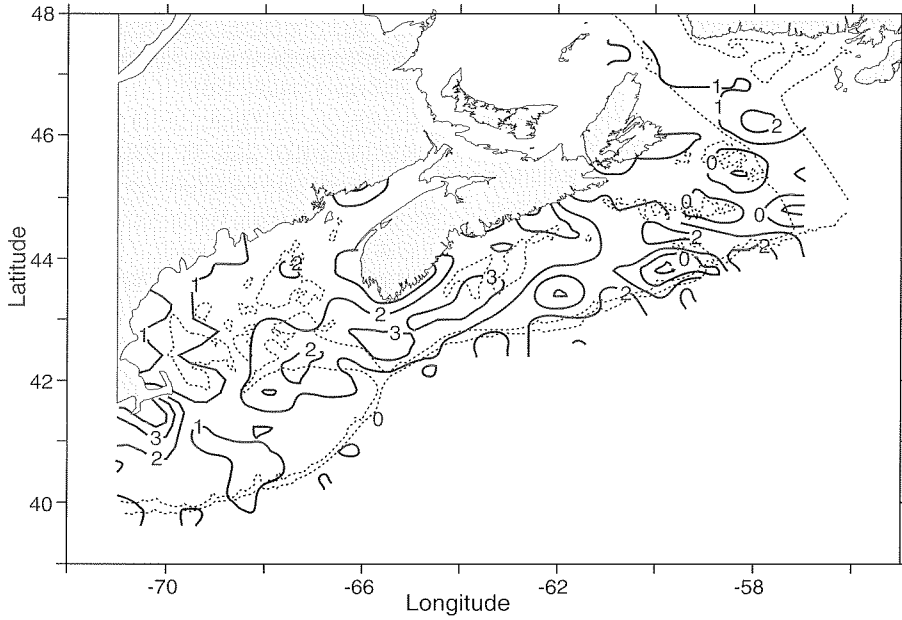


Figure 7 : Différences de température au fond (ou à 300 m, si le fond est plus bas) en été (années 70 chaudes - années 60 froides). Une différence positive indique que la température était plus élevée dans les années 70 chaudes que dans les années 60 froides, et inversement. À noter que, dans la région, la profondeur de l'eau varie d'environ 10 m à plus de 1000 m

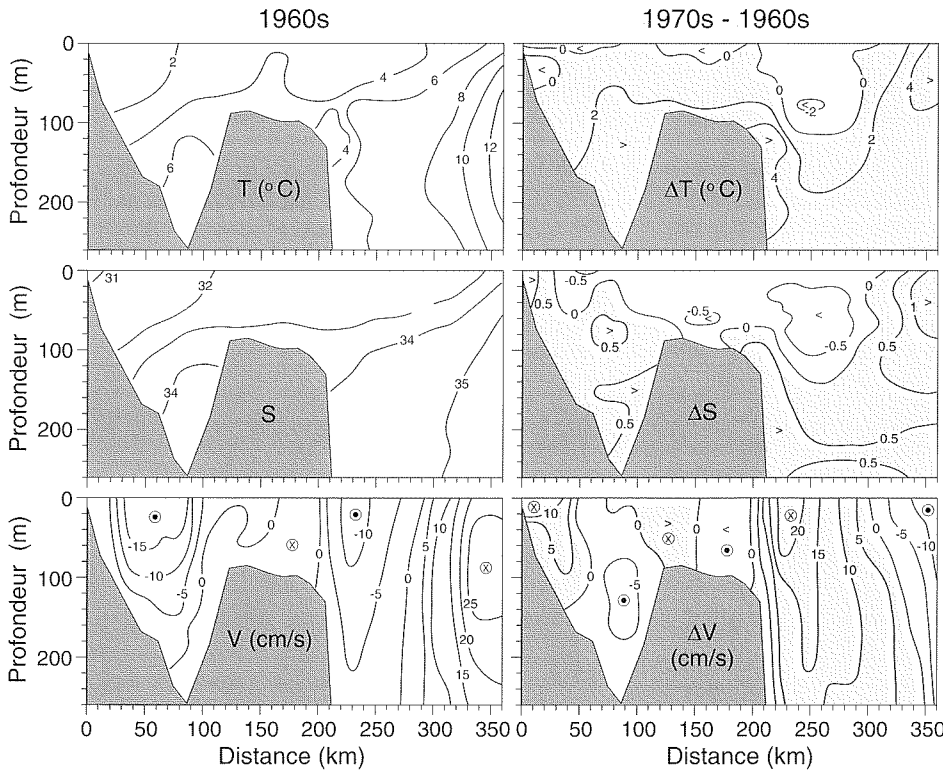


Figure 8 : Estimations, pour l'hiver, de la température, de la salinité et du courant longeant la plate-forme (positif vers le nord-est) sur le transect d'Halifax. Les panneaux de gauche présentent les valeurs des années 60 froides, ceux de droite la différence entre les années 70 chaudes et les années 60 froides.

d'Émeraude (fig. 5) rendent donc bien compte de l'allure générale des variations climatiques dans la région, mais la nature exacte du changement est fonction de l'endroit.

**Variabilité de la circulation**

Nous avons vu dans la précédente section les variations de la température et de la salinité sur une région assez vaste. Ces changements se sont-ils répercutés sur les courants? Ou bien, au contraire, étaient-ce des changements des courants qui ont induit les variations de la température et de la salinité? C'est pour répondre à ces questions que nous avons examiné la structure verticale de la température, de la salinité et de la densité sur le transect d'Halifax pendant les années 60 froides et les années 70 chaudes. La figure 8 montre les valeurs hivernales de la température, de la salinité et du courant longeant la plate-forme (tiré de la structure de la densité); les années 60 froides sont portées sur les panneaux de gauche, et les différences entre les années 60 froides et les années 70 chaudes sur les panneaux de droite. Les températures et les salinités en profondeur étaient plus élevées sur la plate-forme et le talus pendant les années 70, ce qui concorde avec une contribution relative plus élevée de l'eau de pente chaude. Par ailleurs, les salinités et (dans une moindre mesure) les températures étaient plus basses à faible profondeur, surtout sur le talus continental, ce qui semble lié à un apport accru du Saint-Laurent pendant les années 70 chaudes. Résultat important : la présence de changements significatifs dans la structure des courants est particulièrement mise en évidence par une réduction de l'écoulement vers le sud-ouest sur le talus pendant les années 70, ce qui concorde avec une baisse de l'influence de l'eau de pente du Labrador sur les caractéristiques de l'eau de pente. Les courants sur le talus conservent la même allure d'une saison à l'autre, ce qui montre que les grands changements à long terme de la circulation sur la plate-forme néo-écossaise sont associés aux fluctuations des champs de température et de salinité, à leur tour soumis à l'influence de l'apport en amont des eaux de plateau (du golfe du Saint-Laurent) et des eaux de pente (courant du Labrador).



## Causes des variations de la température et de la salinité

Thompson *et al.* (1988) ont avancé que les variations interannuelles de l'ampleur de l'échange thermique local entre l'atmosphère et l'océan pouvaient expliquer la variabilité à long terme que présente la température à la figure 5. Cependant, une étude quantitative menée par Umoh (1992) montrait que cela ne valait pas pour le centre de la plate-forme néo-écossaise. En outre, les estimations de l'échange de chaleur entre l'atmosphère et l'océan laissent penser que le transfert s'est fait un peu plus vers l'océan pendant les années 60 froides que pendant les années 70 chaudes, contrairement à ce qu'on aurait pensé. Il est donc peu probable que l'échange local atmosphère-océan soit un facteur de la variabilité à long terme de la température.

D'autre part, Petrie et Drinkwater (1993) ont constaté que l'écoulement vers l'ouest du courant du Labrador longeant la partie supérieure du plateau de Terre-Neuve jusqu'à la plate-forme néo-écossaise était environ quatre fois plus grand pendant les années 60

froides que pendant les années 70 chaudes. Ils ont utilisé cette observation dans un modèle simple pour prévoir avec succès les caractéristiques de température et de salinité de l'eau de pente des Bancs de Terre-Neuve. Ils ont ainsi obtenu de solides indications que le transport vers l'ouest du courant du Labrador contribuait de manière fondamentale aux fluctuations observées de la température et de la salinité du golfe du Saint-Laurent vers le golfe du Maine.

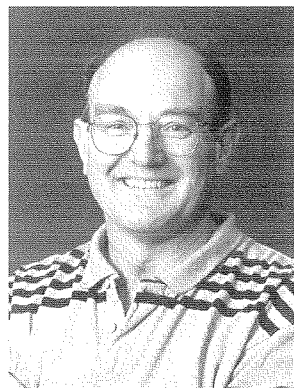
La question se pose naturellement des causes des variations du courant du Labrador. À l'heure actuelle, nous devons encore admettre, comme le fit M. Lauzier, que nous ne pouvons pas expliquer ces variations à long terme du courant. On a cependant réalisé d'importants progrès quant aux problèmes qu'il avait soulevés : caractérisation des changements dans la structure de la masse d'eau; détermination de leurs effets sur la circulation sur le plateau et le talus continental; évaluation de l'échange thermique entre l'atmosphère et l'océan; définition du rôle du courant du Labrador dans la production d'eau de pente.

## Références

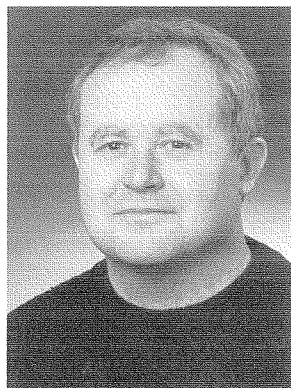
- LAUZIER, L. M. 1964. Long-term temperature variations in the Scotian Shelf area. Spec. Publ. 6, pp. 807-816. Int. Comm. Northwest Atl. Fish., Dartmouth, Canada, 1965.
- LODER, J., G. HAN, C. HANNAH, D. GREENBERG and P. SMITH. 1995. Hydrography and baroclinic circulation in the Scotian Shelf region: Winter vs Summer. Can. J. Fish. Aq. Sci. (sous presse).
- PETRIE, B. and K. DRINKWATER. 1993. Temperature and salinity variability on the Scotian Shelf and in the Gulf of Maine 1945-1990. J. Geophys. Res. 98: 20079-20089.
- THOMPSON, K., R. LOUCKS and R. TRITES. 1988. Sea surface temperature variability in the shelf-slope region of the northwest Atlantic. Atmos.-Ocean, 26: 282-299.
- UMOH, J. U. 1992. Seasonal and interannual variability of sea temperature and surface heat fluxes in the northwest Atlantic. Thèse de doctorat, Université Dalhousie, Halifax (N.-É.). 237 p.

# Concentrations d'organochlorés dans la chaîne alimentaire marine du sud du golfe du Saint-Laurent

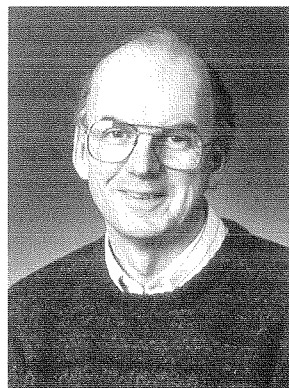
G. Harding, P. Vass and B. Hargrave



G. Harding



P. Vass



B. Hargrave

C'est dans la partie sud du golfe du Saint-Laurent que les pêcheurs commerciaux de la côte est du Canada enregistrent environ le quart de leurs prises. Cette vaste étendue d'eau reçoit d'importantes quantités d'organochlorés provenant des régions densément peuplées et industrialisées d'Amérique du Nord, surtout par le transport atmosphérique et ultérieurement par les précipitations et les cours d'eau. L'ensemble des bassins versants des cours d'eau qui débouchent dans le golfe, dont la superficie s'établit à  $1,35 \times 10^6$  km<sup>2</sup>, comprend la région hautement urbanisée et industrialisée du Saint-Laurent et des Grands Lacs (environ 45 millions d'habitants en 1991 selon Environnement Canada), qui occupe  $1,18 \times 10^6$  km<sup>2</sup> (Gouvernement du Canada, 1973) et y déverse en moyenne chaque année  $10\,730 \text{ m}^3 \text{ @ s}^{-1}$  d'eau (1959-1989; K. Drinkwater, comm. pers.). De plus, le golfe du Saint-Laurent se trouve en aval de la circulation atmosphérique continentale et, de ce fait, reçoit les apports atmosphériques des grands centres industriels de la région des Grands Lacs et de l'est des États-Unis (Bryson *et al.*, 1974).

Les organochlorés forment une classe de composés, inexistant à l'état naturel dans l'environnement, qu'on a produits en grandes quantités en Amérique du Nord en vue de les utiliser dans le secteur agricole à cause de leur toxicité (p. ex. la famille des

DDT, le lindane, le toxaphène, etc.) et dans l'industrie à cause de leur résistance à la chaleur (p. ex. les biphényles polychlorés (BPC)). L'utilisation des pesticides, comme le DDT, est prohibée en Amérique du Nord depuis le début des années 70, mais il s'échappe encore de grandes quantités de ces substances dans l'atmosphère à partir de l'Amérique centrale et de l'Amérique du Sud, où elles constituent un moyen économique de lutte contre la malaria. De même, des BPC continuent de s'échapper de lieux de décharges (dépotoirs) même si leur fabrication est interdite presque partout dans le monde depuis les années 80. Les organochlorés sont très solubles dans les lipides mais peu solubles dans l'eau et ils sont très résistants à la dégradation (Hutzinger *et al.*, 1974), ce qui explique leur bioaccumulation dans les chaînes alimentaires marines (Hargrave *et al.*, 1992). La toxicité des organochlorés présente un risque pour la santé humaine à cause de la position de l'être humain dans la chaîne trophique (Feely, 1995; Hansen, 1996). Il est important pour les pêcheurs, les travailleurs des usines de transformation du poisson, les consommateurs et les organismes de réglementation qu'on pousse la recherche sur la dynamique de ces contaminants dans le milieu marin.

Nous présentons dans ces pages les résultats de mesures des concentrations

d'organochlorés dans la chaîne alimentaire pélagique du sud du golfe du Saint-Laurent effectuées depuis le milieu des années 70 jusque dans les années 90. La baie St. Georges, en Nouvelle-Écosse, est considérée comme une baie représentative de la région aux fins de l'étude de la pollution par les organochlorés parce qu'elle est relativement éloignée des sources locales d'effluents industriels et domestiques (fig. 1). Pour comprendre la bioaccumulation d'organochlorés dans une entité écologique comme le golfe du Saint-Laurent, on a étudié des organismes en tant que composantes d'une chaîne alimentaire. Pour des raisons de simplicité, on peut répartir ces organismes par niveaux dans la chaîne trophique : les plantes, qui sont les producteurs primaires, les herbivores, qui sont les consommateurs primaires, les carnivores, qui sont les consommateurs secondaires, puis tertiaires, etc. On a prélevé du plancton à l'aide de trois ou quatre filets de maillage différent puis on l'a trié en sept à neuf catégories (logarithmiques) selon la granulométrie au moyen d'un dispositif de conception et de fabrication spéciales doté d'un tamis vibrateur (fig. 2). Les capucettes et les éperlans ont été capturés à l'épuisette la

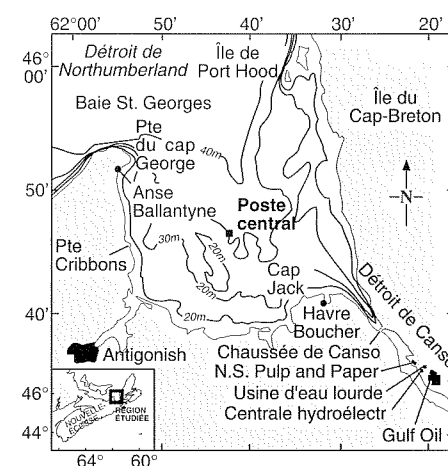


Figure 1 : Carte de la région étudiée montrant les lieux d'échantillonnage dans la baie St. Georges ainsi que les centres urbains et industriels.

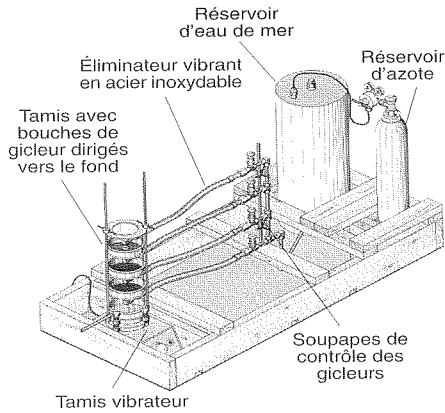


Figure 2 : Dispositif à tamis vibrateur mis au point et utilisé pour trier le plancton en classes granulométriques de 1977 à 1993.

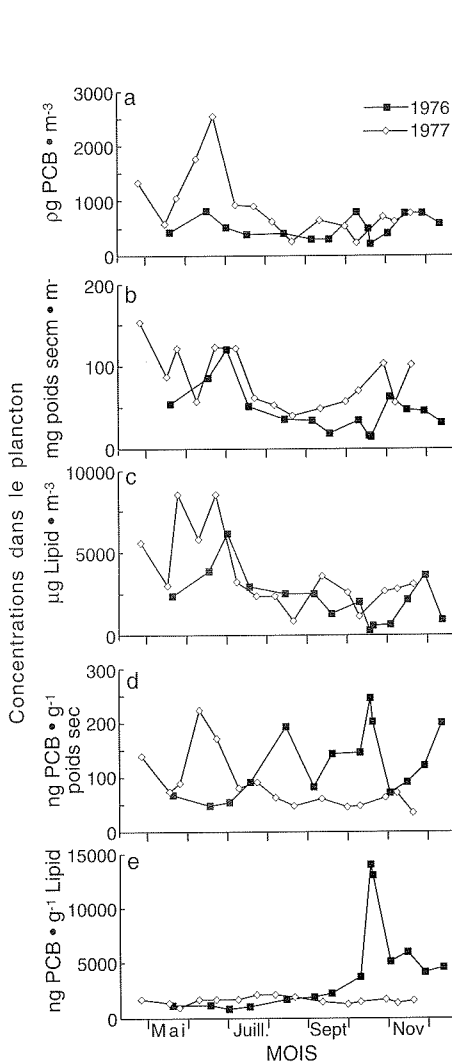


Figure 3 : Distribution saisonnière de la teneur en BPC (poids sec et dans les lipides) du plancton par m<sup>3</sup> et des concentrations de BPC (poids sec et par rapport aux lipides) dans les fractions de 66-2 035 mm combinées dans la baie St. Georges, 1976 et 1977.

nuit, sous la lumière de projecteurs, tandis que les merluches blanches ont été prises au chalut à panneaux dans la baie. En outre, on a obtenu, auprès d'un fileyeur et d'un pêcheur aux trappes de la région, des capelans, des gaspareaux, des harengs et des maquereaux exempts de toute contamination par de la peinture de bateaux, de la graisse, etc.

Les concentrations de BPC (Aroclor 1254), mesurées dans de l'eau de mer prélevée dans la baie St. Georges à la fin des années 70, s'établissaient à 3,1+1,0 ng@L<sup>-1</sup> (X + écart-type; parties par 10<sup>12</sup>) tandis qu'elles étaient supérieures de trois ordres de grandeur dans le plancton : 2,9+3,3 ng@g<sup>-1</sup> poids humide (parties par

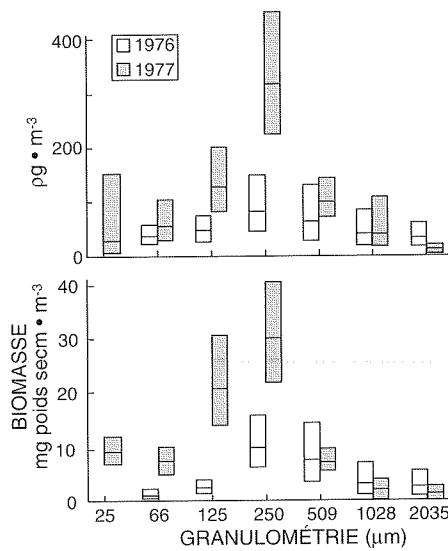


Figure 4 : Distribution granulométrique de la teneur en BPC et du poids sec du plancton par m<sup>3</sup> dans la baie St. Georges en 1976 et 1977 (moy. géométrique et interv. de confiance à 95 % indiqués).

10<sup>9</sup>). Toutefois, à l'échelle de l'écosystème, il faut exprimer la contamination du plancton par les BPC sur la base du volume de l'habitat. Les concentrations de BPC dans le plancton ayant un diamètre sphérique équivalent (DSE) nominal de 25 mm à >2,0 mm dans la colonne d'eau s'élevaient à 62+49 pg@m<sup>-3</sup>, soit quatre ordres de grandeur de moins que les concentrations mesurées dans l'eau de mer. Les concentrations saisonnières de BPC dans la composante plancton de l'écosystème tendaient à être le plus élevées au printemps et le moins élevées en été et elles étaient légèrement supérieures, mais variables, à la fin de l'automne (fig. 3a). On a décelé

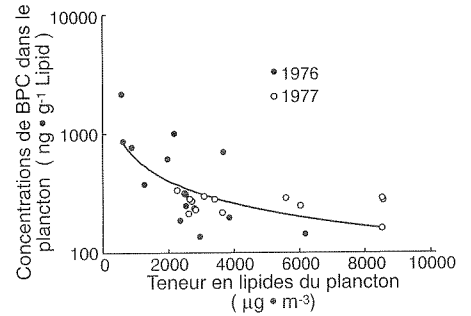


Figure 5 : Relation entre les concentrations de BPC dans le plancton, normalisées selon la teneur en lipides, et la teneur en lipides du plancton par unité de volume d'eau de mer filtrée pour obtenir des fractions granulométriques combinées, à la suite d'échantillonnages effectués en 1976 et 1977. La ligne continue représente la droite de meilleur ajustement par les moindres carrés aux données ayant subi une transformation logarithmique :  $Y = 57764X^{0,655}$ ,  $r = 0,73$ ,  $N = 28$ .

une tendance similaire dans la distribution saisonnière de la biomasse de plancton (fig. 3b et 3c), mais non dans les concentrations de BPC par unité de biomasse (fig. 3d et 3e). La diminution saisonnière des concentrations de BPC (pg@m<sup>3</sup>) dans le plancton observées dans le sud du golfe du Saint-Laurent est principalement attribuable à la réduction estivale de la biomasse présente dans les fractions de 509

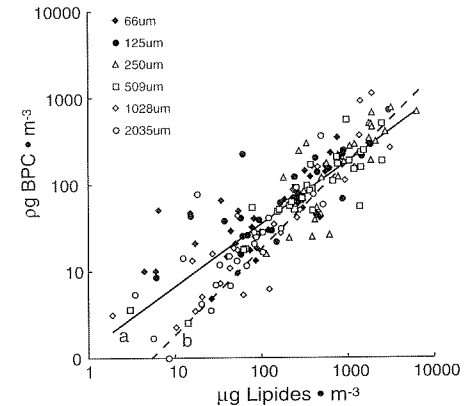


Figure 6 : Relation entre la teneur en BPC et la teneur en lipides du plancton dans la colonne d'eau pour différentes fractions granulométriques (échantillonnages effectués en 1976 et 1977). La ligne continue représente la droite de meilleur ajustement par les moindres carrés aux données ayant subi une transformation logarithmique :  $Y = 1,26X^{0,72}$ ,  $r = 0,86$ ,  $N = 176$ . La ligne tiretée représente la droite de meilleur ajustement à une équation linéaire traversant l'origine;  $Y = 0,187X$ .

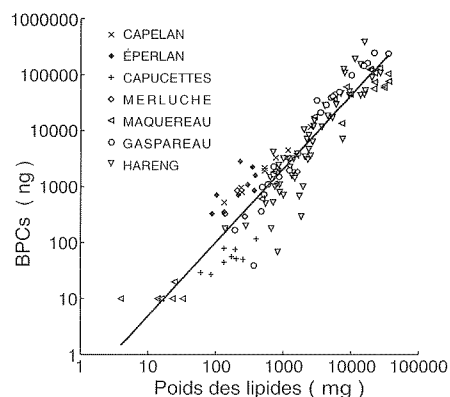


Figure 7 : Relation entre la teneur en BPC (ng) et le poids des lipides (mg) de sept espèces de poissons prélevées dans la baie St. Georges (N.-É.) en 1977. La droite ajustée représente la droite de meilleur ajustement par les moindres carrés aux données ayant subi une transformation logarithmique :  $Y = 0,236X^{1,313}$ ,  $r = 0,94$ ,  $N = 135$ .

et de 1 028 mm depuis la mi-juillet jusqu'au début d'octobre (fig. 4), car les concentrations relatives de BPC, tant en poids sec que par rapport aux lipides, n'ont pas changé de façon constante pendant cette période (fig. 3d et 3e).

Un graphique représentant les concentrations de BPC dans le plancton par rapport au contenu lipidique de celui-ci traduit également leur dépendance envers la biomasse (fig. 5). Plus la teneur en lipides du plancton de l'écosystème de la baie St.

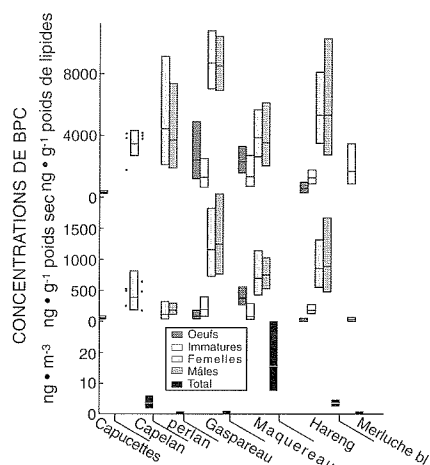


Figure 8 : Concentrations de BPC, exprimées en poids par rapport aux lipides, en poids sec et par m<sup>3</sup>, dans des oeufs et chez des immatures et des adultes femelles et mâles de sept espèces de poissons prélevées dans la baie St. Georges (N.-É.) en 1977 (moy. géométrique et interv. de confiance à 95 % indiqués).

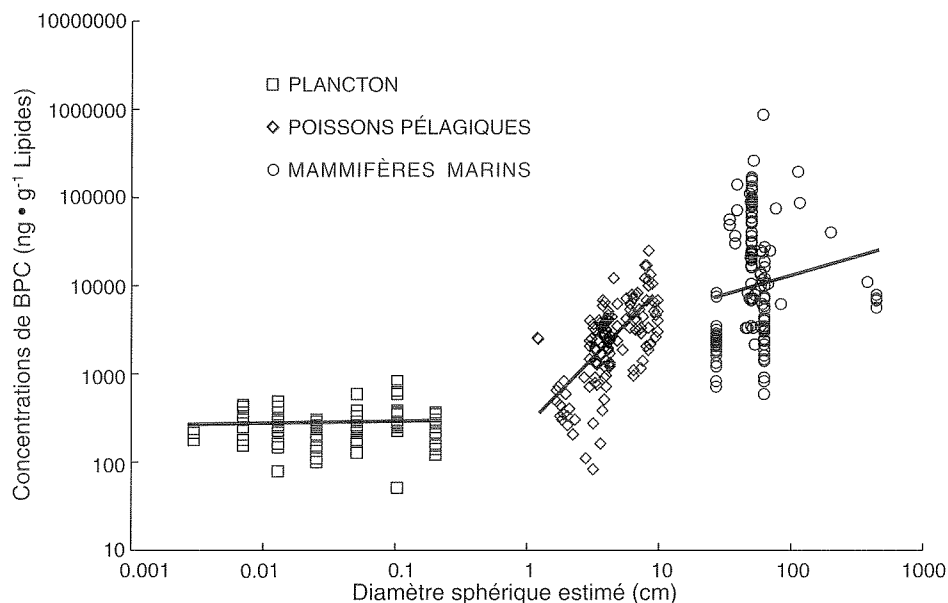


Figure 9 : Concentrations de BPC dans le plancton, les poissons pélagiques et les mammifères marins, normalisées selon la teneur en lipides, par rapport à la taille (diamètre sphérique estimé). Le plancton et les poissons ont été prélevés en 1977 dans la baie St. Georges (N.-É.). L'information sur les mammifères marins a été recueillie dans les années 70 et est publiée (voir Harding *et al.*, sous presse).

Georges est faible, plus les concentrations de BPC sont élevées dans la masse de lipides restante. Pour les deux années analysées jusqu'à présent, on a établi une corrélation entre les concentrations de BPC dans le plancton, exprimées par rapport aux lipides, et les hauteurs de précipitations cumulatives des 21 jours précédant l'échantillonnage. Ware et Addison (1973) ont établi une corrélation semblable entre les concentrations de BPC dans le plancton et les hauteurs de précipitations cumulatives des 10 à 20 jours précédant l'échantillonnage. Cette observation semble indiquer que les courtes poussées d'apport de BPC dans le sud du golfe du Saint-Laurent, qui se reflètent dans le plancton, sont très probablement le résultat de dépôts atmosphériques apportés par la pluie. On a analysé les séries chronologiques 1976 et 1977 des concentrations de BPC et de lipides dans le plancton pour chaque fraction granulométrique, par des techniques d'intercorrélation, abstraction faite des tendances communes (Wilkinson *et al.*, 1992). Dans la majorité des cas, on a établi une corrélation positive significative entre les concentrations de BPC et la teneur en lipides de la communauté planctonique, sans décalage temporel. On peut conclure, entre autres, que l'intervalle de trois à

quatre semaines entre les échantillonnages était trop long pour permettre de détecter une augmentation de l'absorption de BPC attribuable au dépôt atmosphérique ou une expansion de la masse de lipides dans une population prolifère qui s'alimente.

Les concentrations de BPC dans le plancton et les poissons sont très dépendantes de la teneur en lipides des organismes (fig. 6 et 7), qui découle de leur caractère lipophile. Les poissons adultes étaient davantage contaminés par les BPC que les oeufs ou les juvéniles (fig. 8). Chez

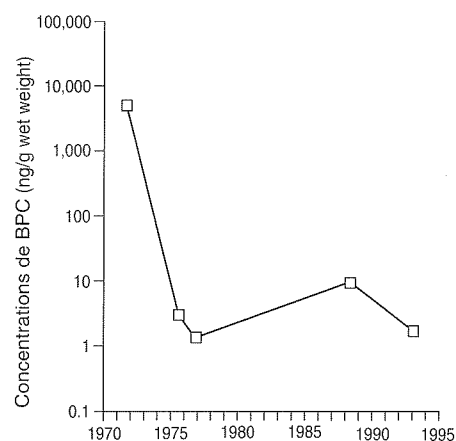


Figure 10 : Concentrations moyennes de BPC dans le plancton (plage granulométrique de 125 à 509 µm) prélevé dans le sud du golfe du Saint-Laurent de 1972 à 1993.

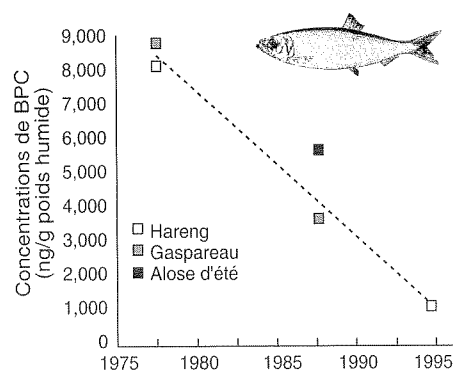


Figure 11 : Concentrations moyennes de BPC chez des Clupeidae prélevés dans le sud du golfe du Saint-Laurent de 1977 à 1994.

les jeunes, les BPC, transmis par les mères, étaient moins abondants que chez les parents, et l'accumulation maximale à partir de l'environnement se produisait chez les immatures et les adultes. C'est chez le gaspareau, le hareng et l'éperlan, plutôt que chez le maquereau, le capelan, la merluche blanche et les capucettes, qu'on a mesuré les concentrations les plus élevées de BPC au milieu des années 70. Toutefois, le gros des BPC décelés dans le sud du golfe du Saint-Laurent étaient présents dans la population de maquereaux, à cause de l'extrême abondance de ce poisson à cette époque (fig. 8). On n'a décelé aucune différence dans le degré de contamination par les BPC d'un sexe à l'autre chez les poissons analysés.

La bioamplification des biphenyles polychlorés se produit depuis le plancton appartenant aux catégories granulométriques supérieures jusqu'aux poissons puis aux mammifères marins, mais pas aux niveaux trophiques planctoniques inférieurs (fig. 10). Les concentrations de BPC chez les poissons augmentaient proportionnellement à la taille de l'individu et étaient en moyenne dix fois supérieures à celles qui étaient

	Année	pg.m <sup>-3</sup>	%
Eau de mer	1976	3.1 X 10 <sup>6</sup>	97.96
Plancton	1976/77	6.0 X 10 <sup>2</sup>	0.02
Poissons	1977	2.3 X 10 <sup>4</sup>	0.73
Mammifères	1970s	4.1 X 10 <sup>4</sup>	1.30

Tableau 1 : Classement des données sur les concentrations de BPC dans l'écosystème pélagique du sud du golfe du Saint-Laurent

mesurées dans le plancton. Les mammifères marins prélevés dans la région par d'autres chercheurs au cours des années 70 présentaient des concentrations supérieures de plusieurs ordres de grandeur à celles qu'on a décelées chez les poissons. Chez les mammifères, il semblait que les concentrations de BPC augmentaient progressivement en fonction de la taille de l'individu. La teneur en lipides et l'âge, ou la durée de l'exposition, semblent être les principaux facteurs qui déterminent les concentrations de BPC dans la chaîne alimentaire marine du sud du golfe du Saint-Laurent (Harding *et al.*, sous presse).

On a observé une diminution exponentielle des concentrations de BPC dans le plancton du début des années 70 aux années 80, mais celles-ci se sont stabilisées par la suite (fig. 10). Il se pourrait que les fortes concentrations mesurées par Ware et Addison (1973) dans le plancton prélevé au nord de l'Île-du-Prince-Édouard en 1972 soient attribuables à des fuites de BPC à partir de l'épave de la barge *Irving Whale*; toutefois, ces chercheurs ont analysé de l'Aroclor 1254, alors que la barge contenait de l'Aroclor 1242. Les concentrations de BPC chez des Clupeidae (famille des harengs) prélevés dans le golfe ont diminué constamment entre le milieu des années 70 et les années 90 (fig. 11). La présence dans le plancton et les poissons de la région, sous une forme non dégradée, de pesticides qu'on n'utilise plus, comme le DDT, est attribuable au transport atmosphérique récent de telles substances à partir de l'Amérique centrale ou de régions situées encore plus au sud. Nous cherchons actuellement à évaluer le transport d'organochlorés vers le milieu marin de la côte est du Canada. Le classement préliminaire pour le domaine pélagique du golfe du Saint-Laurent de données recueillies pendant les années 70 montre que la majeure partie de la contamination de l'écosystème pélagique se trouvait dans la colonne d'eau, mais que ce sont les mammifères marins qui, de loin, ont accumulé la plus grande partie des organochlorés présents dans la biosphère (tableau 1). Les études dont il est ici question permettent, par un heureux hasard, d'établir une série chronologique de données à partir de laquelle on pourra évaluer les éventuels dommages causés par

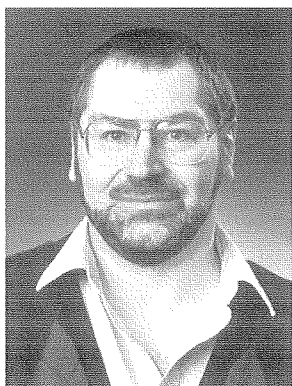
le renflouage de la barge *Irving Whale*, qui contenait 7 600 litres d'Aroclor 1242 (BPC) quand elle a coulé entre l'Île-du-Prince-Édouard et les Îles-de-la-Madeleine en 1970.

## Références

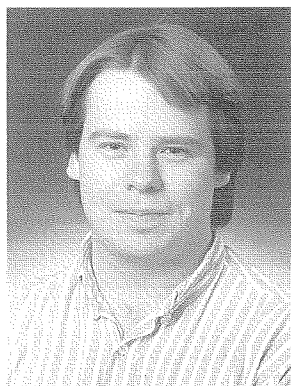
- BRYSON, R.A. and F.K. HARE. 1974. The climates of North America. p. 1-46. Inc: R.A. Bryson and F.K. Hare [ed.]. Climates of North America. World Survey of Climatology. Vol. 11. Elsevier, New York.
- GOVERNEMENT DU CANADA. 1973. *L'Atlas national du Canada*. Quatrième édition. Min. de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Direction des levés et de la cartographie, Ottawa, 254 p.
- FEELEY, M.M. 1995. Biomarkers for Great Lakes priority contaminants: halogenated aromatic hydrocarbons. *Environ. Health Perspect.* 103: 7-16.
- GILBERT, M. and G. WALSH. 1996. Potential consequences of a PCB spill from the barge *Irving Whale* on the marine environment of the Gulf of St. Lawrence. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2113: 59 p.
- HANSEN, J.C. 1996. Human health and diet in the arctic. *Sci. Total Environ.* 186: 135.
- HARDING, G.C., R.J. LEBLANC, W.P. VASS, R.F. ADDISON, B.T. HARGRAVE, S. PEARRE Jr., A. DUPUIS and P.F. BRODIE. "In press". Bioaccumulation of polychlorinated biphenyls (PCBs) in a marine pelagic food web, based on a seasonal study in St. Georges Bay in the southern gulf of St. Lawrence. *Mar. Chem.*
- HARGRAVE, B.T., G.C. HARDING, W.P. VASS, P.E. ERICKSON, B.R. FOWLER and V. SCOTT. 1992. Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in the Arctic Ocean food web. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 22: 41-54.
- HUNZINGER, O., S. SAFE and N.V. ZITKO. 1974. The chemistry of PCB's. CRC Press, Inc., Cleveland, Ohio. 269 p.
- WARE, D.M. and R.F. ADDISON. 1973. PCB residues in plankton from the Gulf of St. Lawrence. *Nature* 246 (5434): 519-521.
- WILKINSON, L., M. HILLS, S. MICELI, P. HOWE and E. VANG. 1992. Systat for the Macintosh, Version 5.2. Systat Inc., Evanston, Illinois, 724 p.

# Évolution des dinoflagellés et variation de leur diversité dans le temps

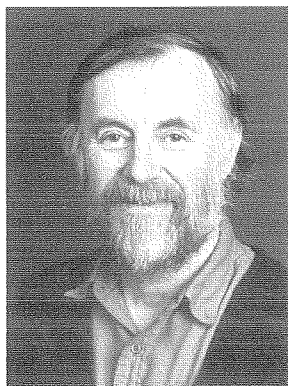
R.A. Fensome, R.A. MacRae and G.L. Williams



R.A. Fensome



R.A. MacRae



G.L. Williams

## Introduction

Contrairement à la plupart des autres groupes de protistes, les dinoflagellés ont laissé une abondance de fossiles. Ceux-ci se limitent essentiellement au Mésozoïque et au Cénozoïque, c'est-à-dire aux derniers 245 millions d'années, mais des études comparatives anatomiques et moléculaires sur la phylogénie des dinoflagellés modernes pointent vers une origine probablement précambrienne (remontant à plus de 570 millions d'années). Le relevé fossile affiche donc un hiatus au niveau du Paléozoïque (245 à 570 millions d'années), ce qui a permis à Evitt (1981) d'estimer que ce relevé est trop incomplet pour qu'on puisse en déduire l'histoire évolutive du groupe. Cependant, des études récentes portant sur de grands ensembles de données (Fensome *et al.*, sous presse; MacRae *et al.*, sous presse) ainsi que certaines analyses cladistiques préliminaires (Fensome *et al.*, 1993) démontrent que le relevé fossile permet bel et bien un examen sérieux de la diversité passée et de l'évolution de ce groupe important d'organismes planctoniques. Ces travaux ont également des répercussions dans le domaine plus vaste des origines de la biodiversité du plancton moderne et du rôle essentiel de celui-ci dans les écosystèmes. Dans le présent article, nous examinerons certains aspects des recherches en cours dans ce domaine.

## Les dinoflagellés

Les dinoflagellés, ou péridiniens, sont des organismes principalement

unicellulaires, à noyau dépourvu d'histones, à chromosomes demeurant condensés pendant tout le cycle de division cellulaire, et dont au moins un des stades de développement est constitué par une cellule portant deux flagelles

caractéristiques (fig. 1). Tout comme chez les ciliés et chez d'autres groupes voisins de protistes, la cellule présente près de sa périphérie une couche de vésicules. Chez les dinoflagellés, ces vésicules renferment habituellement des plaques cellulodiques arrangées de manière régulière. C'est sur la disposition de ces plaques, appelée « tabulation », qu'est principalement fondée l'étude des relations phylogénétiques au sein du groupe.

Chez les dinoflagellés modernes, environ la moitié des espèces sont photosynthétiques, d'autres sont hétérotrophes, tandis que certaines présentent les deux modes de nutrition; il est donc futile d'essayer de ranger ces organismes relativement simples parmi les animaux ou les végétaux. Les dinoflagellés affichent aujourd'hui la plus grande

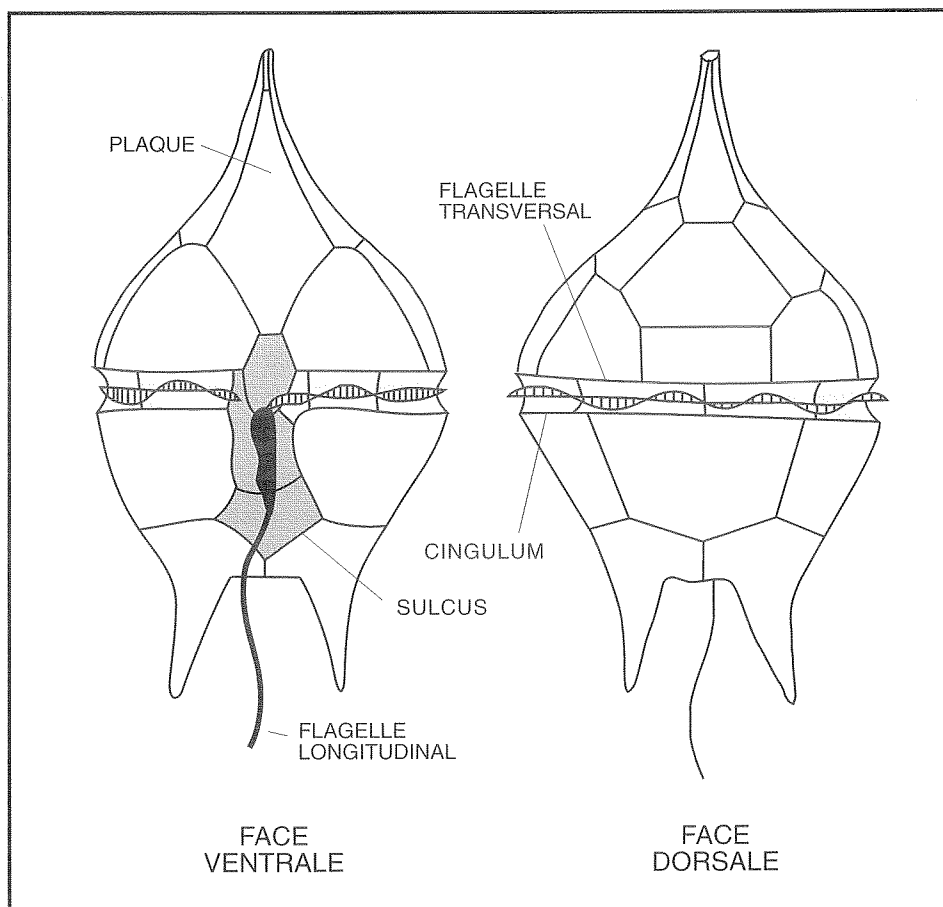


Figure 1. Principaux caractères morphologiques du stade mobile d'un dinoflagellé moderne typique.

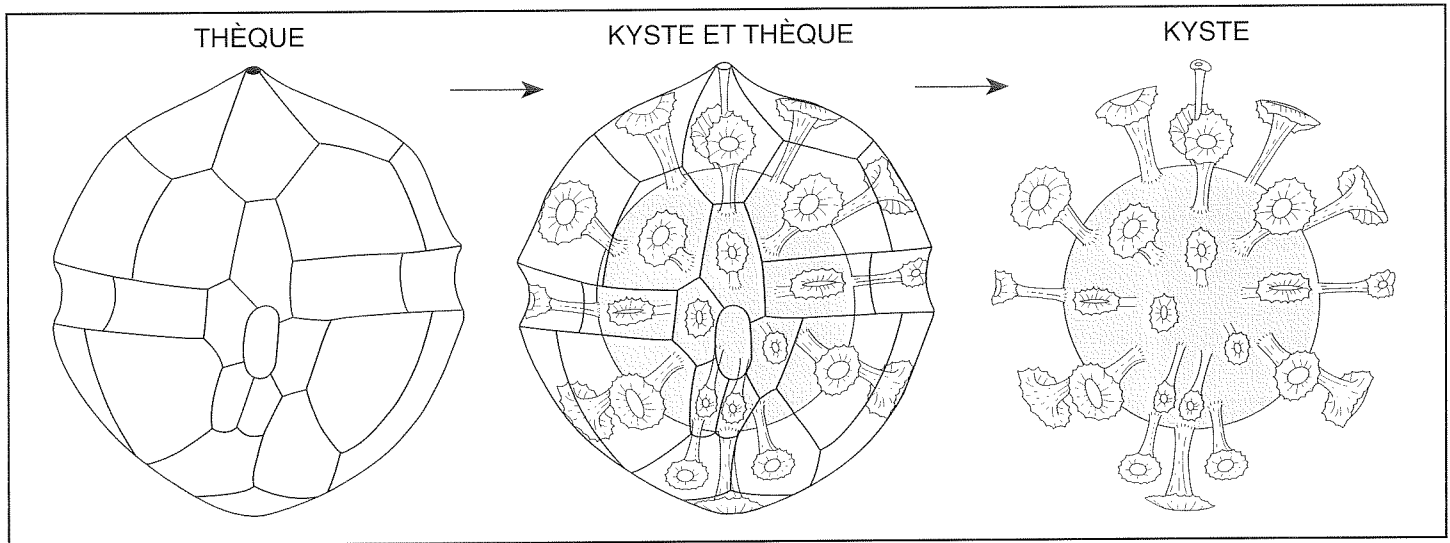


Figure 2. Relation entre les stades mobile (à gauche) et enkysté (à droite) du même dinoflagellé. Cette correspondance univoque entre processus et plaque n'est pas toujours évidente, mais il est généralement possible de relier l'ensemble du kyste à une thèque « parente », au moins au niveau de la famille. Presque tous les dinoflagellés fossiles sont les restes de sujets enkystés. La figure a été adaptée d'Evitt (1985).

diversité dans les zones de plateau continental, mais ils sont également présents en plein océan et en eau douce. Certaines espèces sont parasites, tandis que d'autres, communément appelés zooxanthelles, vivent en symbiose dans les tissus mous d'invertébrés tels que les coraux et confèrent à ces animaux leurs couleurs vives. Les dinoflagellés ont une grande importance économique, car ils se situent à la base ou près de la base de la pyramide alimentaire. Ils sont en outre les principaux agents de l'intoxication paralysante transmise par les coquillages et de phénomènes toxiques semblables (marées rouges).

## Historique

Le microscopiste allemand Ehrenberg (1838) a été le premier à reconnaître l'identité des dinoflagellés fossiles, dans des coupes minces de silex crétacé. La nature organique de la paroi de ces fossiles a été établie dès le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, mais il a fallu attendre jusqu'au milieu du siècle suivant pour que les techniques permettant de les extraire de la roche deviennent des pratiques courantes. En fait, la nature véritable de la plupart des dinoflagellés fossiles - il s'agit de kystes dormants à paroi organique préservable - a été découverte il y a à peine 35 ans (Evitt, 1961). On peut établir qu'un kyste fossile provient d'un dinoflagellé si sa paroi est la « réflexion » directe d'une tabulation, ou si les proces-

sus de cette paroi présentent une disposition et une forme caractéristiques (fig. 2), ou encore si le kyste possède un « archéopyle ». Comme ce type particulier de pore de dékystement correspond à une plaque ou à un groupe de plaques de la tabulation, il permet à lui seul de reconnaître la nature dinoflagellée du fossile. La présence de tous ces signes de tabulation chez les dinoflagellés fossiles nous a permis d'élaborer la première classification phylogénétique englobant l'ensemble des dinoflagellés fossiles et actuels (Fensome *et al.*, 1993).

Comme les dinoflagellés fossiles affichent une grande diversité morphologique (depuis le Trias supérieur jusqu'au Récent) et sont présents, souvent en abondance, dans les roches sédimentaires d'origine marine, ils constituent des indices biostratigraphiques idéals, dont a fait largement usage l'industrie de l'exploration pétrolière. Ils jouent notamment un rôle clé dans la méthodologie de séquençage stratigraphique mise au point par la société pétrolière EXXON (Haq *et al.*, 1987). Or, une des retombées de cette application a été l'augmentation exponentielle du volume de données sur les dinoflagellés fossiles. Ainsi, le nombre d'espèces dûment décrites est passé de quelques douzaines en 1960 à plus de 3400 aujourd'hui (Lentin et Williams, 1993). Une fois structurées, toutes ces données peuvent grandement

nous aider à comprendre l'évolution et la diversité du groupe, comme le montrent nos recherches actuelles.

## Méthodologie

Il nous a été possible de mener ces recherches sur la diversité des dinoflagellés parce que la taxonomie du groupe est déjà bien organisée (Lentin et Williams, 1993; Fensome *et al.*, 1993) et parce que nous avons accès à une imposante base de données, PALYNODATA. La compilation de celle-ci, entreprise il y a 25 ans, est parrainée par plusieurs grandes sociétés pétrolières et par la Commission géologique du Canada. Le programme vise à regrouper toutes les données taxonomiques, bibliographiques, géographiques et biostratigraphiques des publications palynologiques connues portant sur la période antérieure au Quaternaire. (La palynologie est l'étude des microfossiles à paroi organique tels que dinoflagellés, spores et pollen.) La base de données PALYNODATA nous a permis de dégager des profils de biodiversité au niveau des espèces, alors que la plupart des analyses de diversité antérieures, quel que soit le groupe d'organismes, s'appuyaient sur des unités taxonomiques de rang plus élevé.

À partir d'un ensemble de données extrait de PALYNODATA, nous avons évalué la diversité spécifique des

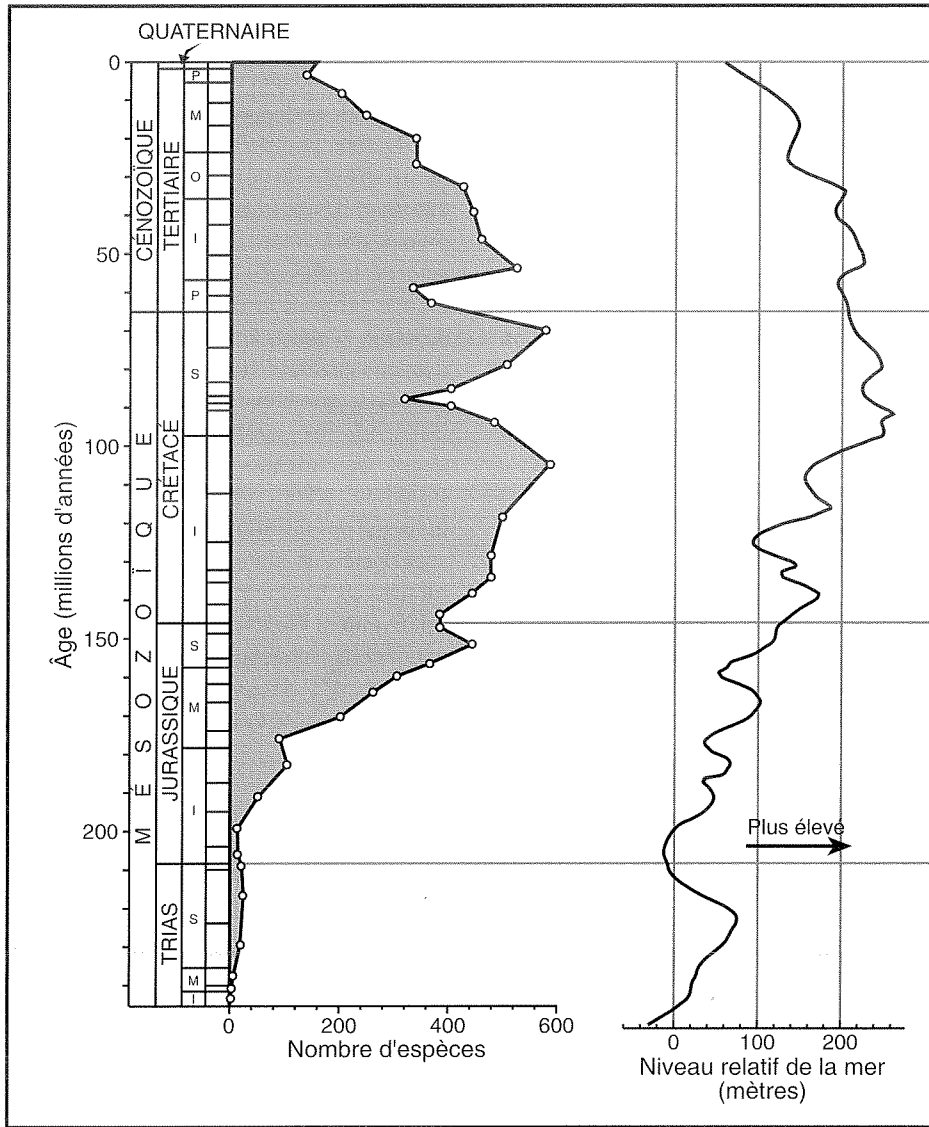


Figure 3. À gauche : diversité spécifique des dinoflagellés fossiles (tiré de MacRae *et al.*, sous presse). À droite : changements à long terme du niveau relatif de la mer, selon Haq *et al.* (1987). L'échelle chronologique est fondée sur celle de Harland *et al.* (1990). Abréviations des périodes du Tertiaire : P (au début du Tertiaire) = Paléocène; E = Éocène; O = Oligocène; M = Miocène; P (à la fin du Tertiaire) = Pliocène. Abréviations des épithètes d'époque du Mésozoïque : S = supérieur; M = moyen; I = inférieur. Les étages sont représentés, mais non identifiés. Le Tertiaire et le Quaternaire forment le Cénozoïque, tandis que le Trias, le Jurassique et le Crétacé forment le Mésozoïque.

dinoflagellés de chaque étage du Mésozoïque et du Tertiaire, en utilisant une version légèrement modifiée de l'échelle chronologique de Harland *et al.* (1990). (Le terme « étage » ici utilisé pour désigner nos intervalles d'échantillonnage correspond essentiellement aux « âges » du Mésozoïque et aux « sous-époques » du Tertiaire.) Nous avons soumis cet ensemble de données à un filtrage intensif, en éliminant : (1) les intervalles chronologiques de précision inférieure à l'étage, qui traduisent généralement un degré élevé d'incertitude (nous avons ainsi

rejeté les mentions « Crétacé inférieur » et « Jurassique », mais retenu la mention « étages bajocien à bathonien du Jurassique ».); (2) les mentions provenant de catalogues ou d'index ne reproduisant pas les données originales d'intervalle; (3) les mentions présentant des problèmes d'échantillonnage explicites notamment dus à la resédimentation ou à d'autres types de contamination.

L'ensemble de données ainsi filtré renferme 38 000 mentions d'âge extraites de 2129 publications. Comme les noms

d'espèce utilisés dans PALYNODATA sont directement reproduits des publications sans égard à la taxonomie actuelle, nous avons dû établir un dictionnaire énumérant les noms exacts et leurs synonymes, pour pouvoir corriger la nomenclature dans tout l'ensemble des données. Le nombre des entités traitées est ainsi passé d'environ 6000 à seulement 2507, ces dernières étant considérées comme de véritables espèces aux fins de l'analyse ultérieure de la diversité.

Nous avons établi l'intervalle stratigraphique global de chaque espèce en combinant les intervalles mentionnés dans toutes les publications de l'ensemble de données filtré. Nous avons ensuite calculé la diversité pour chaque étage en comptant les espèces dont l'intervalle commence, se continue ou se termine dans cet étage. En comptant ainsi séparément les espèces dont l'intervalle commence ou se termine dans l'étage, nous avons pu tracer des diagrammes représentant les taux d'apparition et d'extinction. (Ces données sont cependant trop grossières pour permettre l'analyse précise d'horizons chronologiques particuliers, comme la limite entre le Crétacé et le Tertiaire.) Ces diagrammes d'apparition et de disparition sont plus riches en information que les simples décomptes d'espèces, car ils mettent l'accent sur des taux relatifs fondés sur les taxons individuels (Sepkoski, 1986). Nous avons obtenu ces taux, sous forme de pourcentages, en divisant le nombre d'espèces apparues ou disparues au cours de chaque intervalle par la diversité totale établie pour cet intervalle, puis en multipliant le quotient par 100.

### Profils de diversité des dinoflagellés

Le diagramme de diversité spécifique (fig. 3) que nous avons élaboré pour l'ensemble des dinoflagellés montre que le groupe est apparu dans le relevé fossile au Trias supérieur (sauf pour deux espèces paléozoïques d'identité douteuse, dont nous n'avons pas tenu compte dans le diagramme). Les extinctions de la fin du Trias ont provoqué un déclin au tout début du Jurassique, mais les dinoflagellés ont connu de façon générale, au cours des 50 millions d'années suivantes, une croissance exponentielle du nombre de leurs espèces,



qui est passé d'un minimum de 13 au Jurassique inférieur à un maximum de 420 au Jurassique supérieur. Par la suite, le groupe a maintenu jusqu'à l'Éocène une diversité variable mais toujours élevée, atteignant des pics vers la fin du Crétacé inférieur (584 espèces), à la toute fin du Crétacé (568 espèces) et à l'Éocène inférieur (518 espèces). Ces pics sont séparés par des baisses appréciables vers le début du Crétacé supérieur (315 espèces) et au tout début du Tertiaire (325 espèces). La baisse observée au début du Crétacé supérieur est peut-être en partie un artefact, étant donné l'échantillonnage de deux étages courts et voisins. Par contre, la baisse observée au début du Tertiaire est clairement due au grand nombre d'extinctions survenues durant le dernier étage du Crétacé (207 espèces), même si, comme nous l'avons mentionné précédemment, l'ensemble de données utilisé ne nous permet pas de distinguer les extinctions survenues durant cet étage de celles survenues exactement à sa fin.

À partir de l'Éocène supérieur, l'évolution des dinoflagellés a suivi une nouvelle tendance caractérisée par un déclin général du taux d'apparition de nouvelles espèces et par une augmentation générale du taux d'extinction. La diversité du groupe a ainsi chuté jusqu'à un minimum de 136 espèces, atteint durant le Pliocène.

Diverses sources de biais peuvent influencer les profils de diversité, dont le rapport surface/volume de la formation rocheuse, les intérêts de recherche, le type de roche et les différences de préservation (voir Raup, 1976a et b, ainsi que Sheehan, 1977). Par exemple, l'augmentation de diversité observée dans les jeunes roches pour bien des groupes d'animaux marins est surtout due à la quantité accrue de roches pouvant être étudiées (Sepkoski, 1986). De même, nos propres recherches montrent clairement qu'il y a généralement plus de publications sur les intervalles à forte diversité de dinoflagellés que sur les autres intervalles. Cependant, cette corrélation peut être trompeuse : comme le faisait remarquer Raup (1977), « les taxonomistes suivent les fossiles ».

Un autre problème que pose l'étude de l'évolution des dinoflagellés est la nature des fossiles disponibles. En effet, comme la plupart des dinoflagellés fossiles sont

constitués de kystes à paroi organique et que seulement 13 à 16 % des dinoflagellés modernes produisent de tels kystes fossilisables (Head, 1996), on peut se demander dans quelle mesure le relevé fossile est représentatif du groupe. Cependant, la vaste majorité des dinoflagellés fossiles appartiennent à un nombre relativement faible de familles, et il semble exister une continuité appréciable chez les lignées produisant des kystes. Par conséquent, même s'il ne faut pas considérer les assemblages de dinoflagellés fossiles comme des représentations fidèles des communautés anciennes de l'ensemble des dinoflagellés, nous estimons que les profils de diversité observés dans le cadre de la présente étude et de travaux semblables sont réels et que leur analyse peut être riche en explications.

Quels sont donc les principaux facteurs qui déterminent la diversité des dinoflagellés fossiles? On peut formuler à cet égard plusieurs hypothèses. Par exemple, le déclin observé au Tertiaire a pu résulter d'un refroidissement du climat, de saisons plus marquées et d'une réorganisation majeure des courants océaniques liée à la tectonique des plaques et au début de la glaciation. Ces changements ont pu avoir un effet destructeur sur les lignées de dinoflagellés

ayant jusqu'alors évolué dans des milieux plus chauds et plus stables. Les fluctuations du niveau de la mer ont également pu avoir un effet sur la diversité de ces organismes, car il existe une corrélation générale entre le profil de diversité spécifique des dinoflagellés et la courbe à long terme du niveau de la mer. Chez les dinoflagellés actuels, la plus grande diversité et la plus grande proportion d'espèces productrices de kystes s'observent dans les zones de plateau continental (Stover *et al.*, 1996). Il se peut donc que la baisse du niveau marin et la disparition concomitante de certains passages océaniques, durant le Tertiaire supérieur, aient contribué au déclin de la diversité des dinoflagellés, en diminuant la superficie des plateaux continentaux. De même, au Crétacé, en raison du niveau relativement élevé de la mer, les plateaux continentaux étaient larges; il n'est donc pas surprenant d'observer pour cette période une diversité généralement élevée de dinoflagellés.

Haq (1973) a établi des diagrammes de diversité spécifiques pour le nanoplancton des roches calcaires mésozoïques et cénozoïques, et ces diagrammes présentent des parallèles remarquables avec ceux établis pour les dinoflagellés. Par exemple, pour l'ensemble des deux ères, la diversité

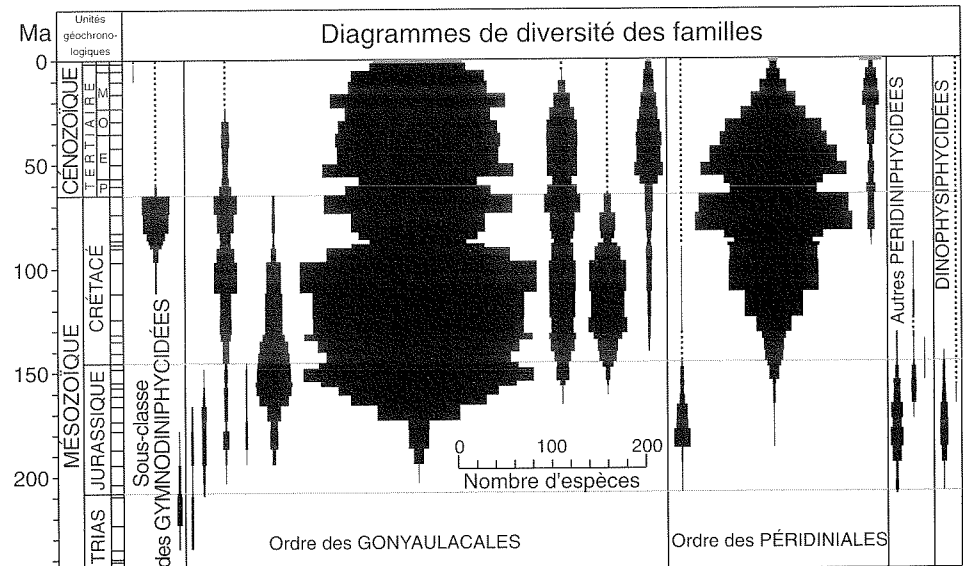


Figure 4. Diagrammes en fuseau indiquant le nombre d'espèces de chaque famille dans chaque étage géologique. L'échelle chronologique et les unités géochronologiques sont celles utilisées pour la figure 3. Le Quaternaire est la courte unité non identifiée surmontant le Tertiaire. Comme les données de PALYNODATA sont incomplètes en ce qui concerne le Quaternaire, la partie des diagrammes touchant cette période, imprimée en gris plutôt qu'en noir, est provisoire. Diagrammes adaptés de Fensome *et al.* (sous presse).

maximale du nanoplancton est survenue à la fin du Crétacé, ce qui correspond au deuxième pic observé dans le cas des dinoflagellés. Dans le cas particulier du Cénozoïque, la ressemblance entre les diagrammes de diversité est sans doute encore plus significative : chez les deux groupes, la diversité a atteint un maximum à l'Éocène inférieur et a décliné constamment par la suite, jusqu'à aujourd'hui. Knoll (1989) a également remarqué ce déclin du nanoplancton calcaire après l'Éocène. Haq a pour sa part établi un lien entre les périodes de diversité maximale et les périodes de transgression marine maximale, dont le climat relativement peu variable a dû permettre une productivité accrue du nanoplancton.

### Le rayonnement des dinoflagellés au Mésozoïque inférieur

L'apparition des dinoflagellés dans les fossiles du Mésozoïque inférieur soulève une question : s'agit-il d'un phénomène évolutif réel, ou est-ce un artéfact du relevé fossile, comme le suggère Evitt (1981)? Pour répondre à cette question, nous avons déjà comparé les tendances évolutives des dinoflagellés à celles d'autres groupes affichant un tel rayonnement. Nous avons aussi tracé une série de diagrammes en fuseau (fig. 4) dont chacun illustre les variations de diversité d'une famille de dinoflagellés; la largeur de chaque fuseau varie en fonction du nombre d'espèces connues pour chaque étage géologique.

Ces diagrammes montrent qu'à la fin du Trias, quatre familles seulement étaient déjà présentes; cependant, ces familles sont parmi celles qui présentent les plus grands et les plus petits nombres de plaques. Au Jurassique inférieur et moyen, 11 familles de dinoflagellés sont apparues. À la fin du Jurassique, presque toutes les familles étaient déjà représentées par des fossiles, et celles qui sont apparues plus tard présentent des innovations beaucoup moins importantes que les familles apparues du Trias au Jurassique moyen. Il est donc évident que les dinoflagellés ont traversé une période d'« expérimentation » entre le Trias supérieur et le Jurassique moyen, laquelle a été suivie d'une période de stabilité morphologique. Comme une telle phase d'« expérimentation » suivie de

stabilité relative a été observée chez de nombreux groupes d'organismes (Gould *et al.*, 1987), il faut conclure que l'expansion des dinoflagellés dans les relevés fossiles du début du Mésozoïque correspond bel et bien à un phénomène de rayonnement évolutif, et non à un artéfact. Cette interprétation a été confirmée de façon indépendante par des données biogéochimiques (Moldowan *et al.*, 1996).

Ce constat soulève plusieurs questions intéressantes. Qu'est-ce qui a déclenché le rayonnement des dinoflagellés vers le début du Mésozoïque? S'il est exact, comme le suggèrent certaines données biologiques et biochimiques, que la grande lignée des dinoflagellés remonte au Précambrien, qu'est-il arrivé de cette lignée durant le Paléozoïque, c'est-à-dire entre 245 et 570 millions d'années?

Il se peut que le rayonnement des dinoflagellés ait été provoqué par le fractionnement du supercontinent Pangée et par la multiplication consécutive des zones de plateau continental favorables aux organismes producteurs de kystes. Un autre facteur probable est le volume important de niches écologiques libérées par les extinctions massives de la fin du Permien, lesquelles niches n'ont été occupées à nouveau que graduellement. Par exemple, les coraux paléozoïques ont été entièrement éliminés à la fin du Permien, tandis que leurs homologues mésozoïques (probablement sans parenté), les coraux madréporaires, ne sont apparus qu'au Trias moyen. Or, comme des données géochimiques révèlent que certains madréporaires mésozoïques renfermaient des zooxanthelles (Stanley *et al.*, 1995), il est tentant de croire en la possibilité que les coraux et les dinoflagellés aient pu évoluer conjointement. Cette hypothèse est appuyée par les similarités observées entre une zooxanthelle moderne, le *Symbiodinium*, et un dinoflagellé du Trias, le *Suessia*.

Par ailleurs, Moldowan *et al.* (1996) signalent que les dinostéroïdes triaromatiques, composés qu'on retrouve presque exclusivement dans les dinoflagellés, n'ont jamais été détectés dans les échantillons du Carbonifère et du Permien (362,5 à 245 millions d'années)

mais apparaissent occasionnellement dans les roches plus anciennes riches en acritarches (microfossiles à paroi organique et dont l'affinité est inconnue). Il se peut donc que les acritarches, ou certains d'entre eux, appartiennent à la lignée des dinoflagellés. En effet, il n'est pas prouvé qu'un dinoflagellé ayant vécu avant le Mésozoïque doive ressembler étroitement à ses descendants connus. Il est fort possible, par exemple, que la disposition caractéristique des flagelles, des sillons (cingulum et sulcus) et des plaques des dinoflagellés modernes ne soit apparue qu'avec le rayonnement du groupe, au Mésozoïque. S'il en est ainsi, il est compréhensible que la morphologie des acritarches du Paléozoïque ne permette pas d'en reconnaître l'appartenance éventuelle aux dinoflagellés.

### Perspectives de recherche

L'étude de la diversité des fossiles revêt une grande importance pour celle de la biodiversité actuelle et des phénomènes passés qui y ont abouti. À cet égard, les organismes du Quaternaire constituent un lien incontournable entre les fossiles antérieurs et les organismes modernes. Or, nos travaux sur la diversité des dinoflagellés fossiles ont pratiquement ignoré ces organismes, puisque la base de données PALYNODATA demeure incomplète en ce qui concerne le Quaternaire. Nous avons donc décidé de mettre au point, avec l'aide de notre collègue Peta Mudie de la Commission géologique du Canada - Atlantique (CGCA), une base de données sur les dinoflagellés du Quaternaire. L'analyse de cette base de données devrait nous permettre de tracer de nouveaux diagrammes de diversité établissant un lien effectif entre les organismes fossiles et modernes.

Par ailleurs, grâce à PALYNODATA, nous avons pu effectuer une analyse préliminaire des profils de diversité des acritarches. Ces fossiles sont d'une grande importance, car ils nous renseignent sur les tendances caractérisant les microfossiles planctoniques paléozoïques à paroi organique. En combinant cette information à nos données sur les dinoflagellés, nous pourrions tracer des diagrammes remontant jusqu'au Paléozoïque, voire au Précambrien. Nous avons entrepris ces

travaux en coopération avec Aubrey Fricker, anciennement de la CGCA, et Paul Strother, du Boston College, au Massachusetts.

La construction de diagrammes en fuseau pour les familles de dinoflagellés nous a aussi servi de banc d'essai pour d'autres méthodes. Nous envisageons notamment de tracer des diagrammes en fuseau fondés sur des groupes morphologiques, ce qui devrait nous renseigner sur certaines tendances écologiques ou évolutives. Par ailleurs, nos données nous permettront d'analyser la répartition géographique de la diversité, pour chaque intervalle chronologique. Nous obtiendrons ainsi des reconstitutions palinospastiques indiquant la position des anciens passages océaniques et des paléocourants. Et dire que toutes ces découvertes à venir reposent sur des fossiles remontant à des millions d'années et mesurant à peine une fraction de millimètre!

Nous tenons à remercier K. Cofflin et J. Jellet, qui ont relu le présent article et nous ont fait d'utiles suggestions. Soulignons également l'assistance technique de K. Hale, de N. Koziel et de W. MacMillan.

## Références

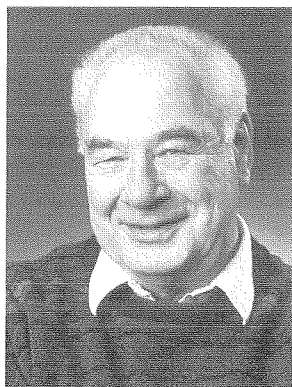
- EHRENBERG, C.G. 1838. Über das Massenverhältniss der jetzt lebenden Kiesel-Infusorien und über ein neues Infusorien-Conglomerat als Polierschiefer von Jastraba in Ungarn. König. Akad. Wissen., 1: 109-135.
- EVITT, W.R. 1961. Observations on the morphology of fossil dinoflagellates. *Micropaleontology* 7: 385-420.
- EVITT, W.R. 1981. The difference it makes that dinoflagellates did it differently. *Int. Comm. Palynology News*, 4, no. 1: 6-7.
- EVITT, W.R. 1985. ?
- FENSOME, R.A., F.J.R. TAYLOR, G. NORRIS, W.A.S. SARJEANT, D.I. WHARTON, and G.L. WILLIAMS. 1993. A classification of fossil and living dinoflagellates. *Micropaleontology Press Spec. Pap. no. 7*: 351 p.
- FENSOME, R.A., R.A. MACRAE, J.M. MOLDOWAN, F.J.R. TAYLOR, and G.L. WILLIAMS. Sous presse. The early Mesozoic radiation of dinoflagellates. *Paleobiology*.
- GOULD, S.J., N.L. GILINSKY, and R.Z. GERMAN. 1987. Asymmetry of lineages and the direction of evolutionary time. *Sci.* 236: 1437-1441.
- HAQ, B.U. 1973. Transgressions, climatic change and the diversity of calcareous nannoplankton. *Mar. Geol.* 15: M25-M30.
- HAQ, B.U., J. HARDENBOL, and P.R. VAIL. 1987. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Sci.* 235: 1156-1167.
- HARLAND, W.B., R.L. ARMSTRONG, A.V. COX, L.E. CRAIG, A.G. SMITH, and D.G. SMITH. 1990. A geologic time scale 1989. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. 263 p.
- HEAD, M. 1996. Chapter 30. Modern dinoflagellate cysts and their biological affinities. *In* J. Jansonius and D.C. McGregor (ed.) *Palynology: principles and applications*. American Association of Stratigraphic Palynologists, Dallas, U.S.A.
- KNOLL, A.H. 1989. Evolution and extinction in the marine realm: some constraints imposed by phytoplankton. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B* 325: 279-290.
- LENTIN, J.K., and G.L. WILLIAMS. 1993. Fossil dinoflagellates : index to genera and species. 1993 edition. *Am. Assoc. Strat. Palynologists, Contrib. Ser. no. 28*: 856+viii p.
- MACRAE, R.A., R.A. FENSOME, and G.L. WILLIAMS. Sous presse. Fossil dinoflagellate diversity, origins and extinctions and their evolutionary significance. *Can. J. Bot.*
- MOLDOWAN J.M., J. DAHL, S.R. JACOBSON, B.J. HUIZINGA, F.J. FAGO, R. SHETTY, D.S. WATT, and K.E. PETERS. 1996. Chemostratigraphic reconstruction of biofacies: molecular evidence linking cyst-forming dinoflagellates with pre-Triassic ancestors. *Geology* 24: 159-162.
- RAUP, D.M. 1976. Species richness in the Phanerozoic: a tabulation. *Paleobiology* 2: 279-288.
- RAUP, D.M. 1977. Systematists follow the fossils. *Paleobiology* 3: 328-329.
- SEPKOSKI, J.J. Jr. 1986. Global bioevents and the question of periodicity, p. 47-61. *In* O. Walliser (ed.) *Global Bio-Events*. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- SHEEHAN, P.M. 1977. Species diversity in the Phanerozoic. A reflection of labor by systematists? *Paleobiology* 3: 325-328.

STANLEY, G.D. Jr., and P.K. SWART. 1995. Evolution of the coral-zooxanthellae symbiosis during the Triassic: a geochemical approach. *Paleobiology* 21: 179-199.

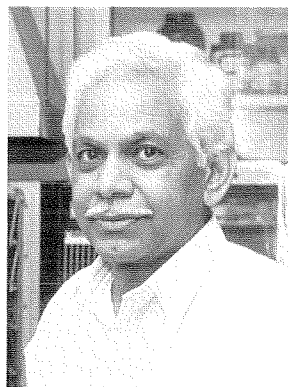
STOVER, L.E., H. BRINKHUIS, S.P. DAMASSA, L. DE VERTEUIL, R.J. HELBY, E. MONTEIL, A.D. PARTRIDGE, A.J. POWELL, J.B. RIDING, M. SMELROR, and G.L. WILLIAMS. 1996. Mesozoic-Tertiary dinoflagellates, acritarchs and prasinophytes. *In* J. Jansonius and D.C. McGregor (ed.) *Palynology: principles and applications*. American Association of Stratigraphic Palynologists, Dallas, U.S.A.

# Les phycotoxines : physiologie et production

J.E. Stewart and D.V. Subba Rao



J.E. Stewart



D.V. Subba Rao

## Introduction

Les phycotoxines (du grec *phyco* = algues) constituent un groupe divers de substances toxiques produites partout dans le monde par un certain nombre de plantes aquatiques des eaux douces et marines. Toutes les plantes aquatiques ne produisent pas des toxines; parmi celles qui en fabriquent, au sein même d'un seul genre et d'une seule espèce, toutes ne produisent pas des toxines tout le temps ni dans toutes les circonstances. De plus, les problèmes que posent les toxines accumulées par les coquillages apparaissent couramment en l'absence de proliférations d'algues, comme c'est le cas en bonne partie pour la présence chronique des toxines paralysantes des coquillages dans la baie de Fundy, pour les cas signalés d'intoxication par les toxines diarrhéiques sur la côte sud de la Nouvelle-Écosse, et pour la présence d'acide domoïque chez les pétoncles du banc Georges en 1995, pour ne citer que quelques exemples. En eau douce, les problèmes causés par les phycotoxines sont souvent le résultat des « fleurs d'eau », prolifération de cyanobactéries (algues bleues) qui rendent les eaux toxiques, causant de lourdes pertes parmi les animaux sauvages et domestiques. Dans le milieu marin, les cas les plus notables ont été de graves intoxications chez des personnes ayant consommé des coquillages filtreurs qui, en se nourrissant des algues toxigènes, avaient accumulé de grandes quantités de toxines.

Bon nombre de ces empoisonnements ont causé des morts, et d'autres des invalidités temporaires ou permanentes. De plus, un certain nombre d'études ont incriminé des toxines marines dans des vagues de mortalité de poissons sauvages (adultes et larves), de mammifères marins (baleines, marsouins et phoques), ainsi que dans certaines épidémies qui menacent les poissons élevés en cages, par exemple la

toxine de type microcystine qui cause une maladie hépatique provoquant des vagues de mortalité chez les saumons.

Outre les aspects toxinogéniques, il existe un autre élément important et frappant, qui n'avait pas été noté jusqu'ici; c'est le rôle que joue le plancton comme vecteur de propagation et de transmission d'agents pathogènes. Une étude récente (Patz *et al.*, 1996), portant sur les changements climatiques et les maladies infectieuses, a examiné les données recueillies sur le caractère saisonnier des épidémies de choléra. L'agent pathogène, la bactérie *Vibrio cholerae*, adhère à la surface des phytoplanctontes et des zooplanctontes; elle est transportée avec le plancton et passe aux coquillages puis aux humains; le nombre de bactéries est proportionnel au nombre de planctontes, et la bactérie vit des nutriments exudés par le plancton. Les épidémies de choléra, qui sont fonction du nombre de *V. cholerae*, augmentent donc avec la densité du

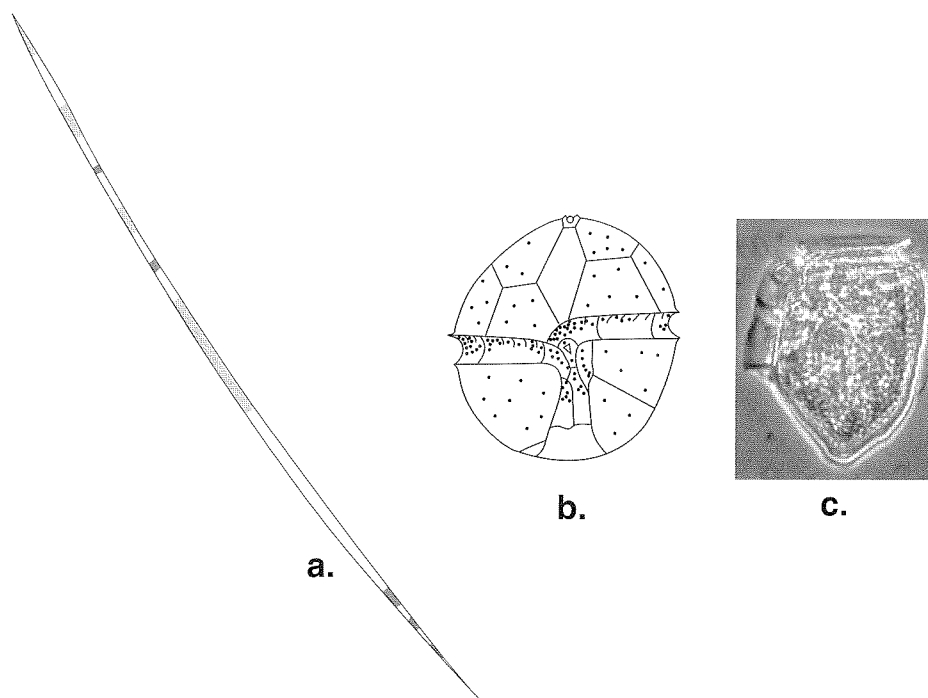


Figure 1. Taxons toxinogènes : a. *Pseudo-nitzschia multiseries*, b. *Alexandrium tamarense*, c. *Dinophysis norvegica*.

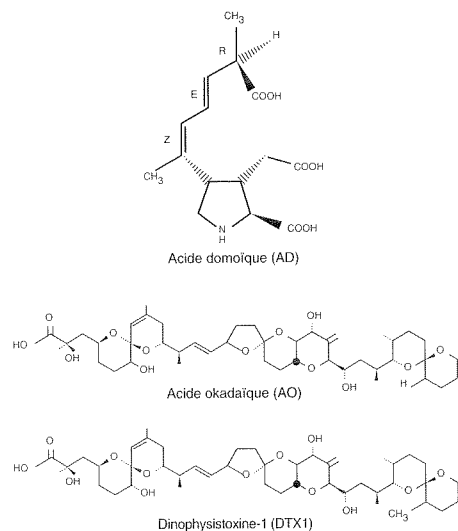


Figure 2a. Toxines : acide domoïque (AD), acide okadaïque (AO), dinophysistoxine-1 (DTX1)

plancton au printemps et à l'automne. On a observé d'autres bactéries fixées sur le plancton, et il apparaît de plus en plus que celui-ci constitue un vecteur important de diffusion des maladies dans l'eau. Cette découverte est du plus haut intérêt pour la santé publique en général et pour les installations aquacoles en particulier, comme le montrent par exemple Nese et Enger (1993), qui ont observé l'agent pathogène du saumon *Aeromonas salmonicida* (qui cause la furunculose) transporté par du plancton marin à proximité de parcs de filets.

À la suite de la « crise des moules » contaminées par l'acide domoïque en 1987, il a été décidé d'aborder le problème des phycotoxines dans une perspective nationale. On a ainsi créé le groupe de travail sur les phycotoxines, composé de spécialistes des toxines provenant de toutes les régions du ministère des Pêches et des Océans (MPO). Cet organisme national, qui joue un rôle consultatif et gère le programme de recherche, relève du Comité national des directeurs des sciences et s'occupe de projets de recherche dont les objectifs sont les suivants :

- identification des algues et des microorganismes qui produisent des efflorescences nuisibles ou des toxines
- étude de la distribution de ces organismes et des facteurs environnementaux qui la régissent

- étude de la nature et de l'ampleur de l'impact des phycotoxines sur l'aquaculture et les pêches
- identification et quantification des toxines par des méthodes d'analyse chimique ou de bioessai et mise au point de méthodologies d'analyse simples et innovatrices utiles à la fois dans la recherche et pour la certification des produits
- définition du rôle des toxines dans la nature et de leur impact compétitif sur d'autres espèces
- élucidation de la dynamique des efflorescences et de la production de toxines (aspects nutritionnel, physiologique, biochimique et microbien)
- étude sur le devenir des toxines dans la nature (transfert dans le réseau trophique, biotransformations)
- mise au point de systèmes d'alerte, de modèles de prévision et de contre-mesures
- étude des effets des toxines sur les organismes aquatiques.

### Canada atlantique

Au Canada atlantique, les toxines marines entrent dans trois grands groupes représentant un grave danger pour la santé humaine : les neurotoxines paralysantes (PSP), qui appartiennent au groupe des saxitoxines; la toxine amnestique (ASP), qui est l'acide domoïque; enfin, les toxines diarrhéiques (DSP), famille de toxines qui inclut l'acide okadaïque et des dinophysistoxines, des pectenotoxines et des yessotoxines apparentées (fig. 1 et 2).

Les intoxications liées aux neurotoxines paralysantes produites par les dinoflagellés sont observées sur les deux côtes du Canada. Dans l'est, le problème est chronique dans la baie de Fundy et la portion continentale du golfe du Saint-Laurent, alors qu'on note des apparitions périodiques des toxines dans d'autres zones, notamment dans la portion inférieure du golfe du Saint-Laurent et à Terre-Neuve. En 1987, le problème des intoxications causées par les coquillages a pris une tournure tragique avec l'apparition d'une nouvelle neurotoxine, l'acide domoïque, qui causait une affection de type amnestique. Cette toxine était produite par une diatomée, nommée au départ *Nitzschia pungens* et qui, après divers avatars, est maintenant baptisée *Pseudo-nitzschia multiseries*. Des moules cultivées dans la baie Cardigan, à l'Île-du-Prince-Édouard, et nourries d'une prolifération de cette diatomée avaient accumulé des quantités

massives de la toxine, puisqu'elles contenaient jusqu'à 900 mg/g de toxines dans les tissus mous, ce qui correspond à environ 45 fois le maximum légalement autorisé au Canada. Des personnes ayant consommé les moules ont été intoxiquées; environ 150 personnes ont été hospitalisées; une douzaine ont été atteintes de façon grave et apparemment permanente et, en fin de compte, cinq personnes sont mortes, trois de ces décès ayant pu être de façon certaine attribués à l'intoxication.

L'existence de toxines diarrhéiques est confirmée depuis peu dans les Maritimes; certaines données anecdotiques permettent toutefois de penser qu'elles y sont présentes depuis longtemps. Dans d'autres pays, on pense qu'elles sont produites par des algues marines (*Dinophysis* sp. et autres), mais leur source réelle dans les eaux du Canada atlantique n'a pas encore été identifiée. À l'heure actuelle, ce type de toxine n'est pas considéré comme représentant un danger aussi grave à l'échelle locale que les deux autres types.

Lorsqu'on évoque les problèmes posés par les toxines, les intéressés adoptent souvent une attitude fataliste; ils affirment que nous ne pourrions jamais nous débarrasser des toxines, et que la démarche la plus simple et la plus fructueuse consiste à apprendre à gérer les ressources en tenant compte de leur présence. Cette approche peut être valide pour l'acide domoïque chez les moules, qui s'en débarrassent facilement, mais ne peut s'appliquer à

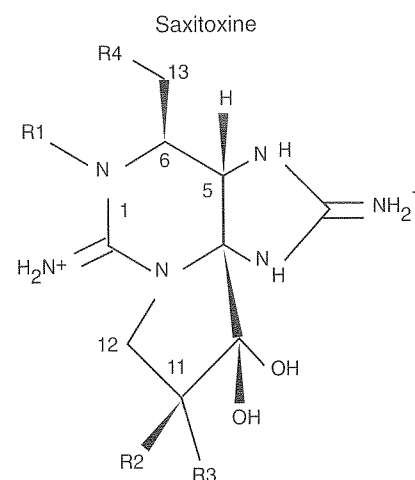


Figure 2b. Saxitoxine

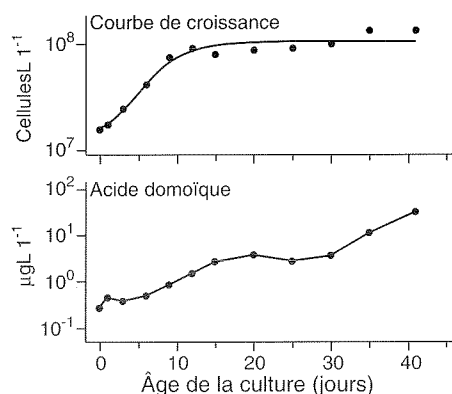


Figure 3. Courbe de croissance de *P. multiseriis* et variations des concentrations d'acide domoïque dans une culture discontinue.

l'acide domoïque ou à la neurotoxine paralysante chez les pétoncles ou d'autres coquillages, qui retiennent ces toxines. Il est bon de rappeler que les problèmes posés par les toxines sont parfaitement semblables à ceux que posaient il y a 150 ans les maladies infectieuses. L'histoire a montré qu'il était possible d'étudier ces maladies; les connaissances de base ainsi obtenues ont débouché sur des méthodes de diagnostic, puis sur la prévision, la protection et enfin le traitement. Les possibilités sont exactement les mêmes dans le domaine des phycotoxines, comme le montrent les résultats obtenus depuis quelques années, dont nous donnons ci-dessous quelques exemples.

### Acide domoïque : aspects physiologiques de la production

Après l'identification par des chercheurs des laboratoires du Conseil national de recherches (CNRC), à Halifax, de la neurotoxine ayant causé la « crise des moules de 1987 », c'est-à-dire l'acide domoïque (Bird *et al.*, 1988; Wright *et al.*, 1989), on en a découvert la source, qui était la diatomée *Nitzschia pungens* (Subba Rao *et al.*, 1988); les souches toxigènes sont maintenant nommées *Pseudo-nitzschia multiseriis*. Par la suite, on a montré que la diatomée et la neurotoxine sont largement répandues, et ont même posé de graves problèmes en Californie, où des mortalités massives d'oiseaux de mer ont été attribuées à la consommation par les oiseaux d'anchois contaminés par l'acide domoïque. De graves incidents ont aussi été signalés dans le secteur coquillier sur la côte du Pacifique Nord-Ouest des États-Unis.

Des études expérimentales ont montré que les diverses souches de *P. multiseriis* produisent des quantités variables de toxines; elles ont toutes un élément commun : la production d'acide domoïque apparaît principalement après que la croissance est entrée dans une phase stationnaire. Cette phase se produit lorsque les nutriments qui alimentaient une croissance exponentielle se sont raréfiés, ou que les conditions de culture se sont détériorées. Dans les deux cas, la culture est entrée dans une période de stress physiologique (Pan *et al.*, 1996a,b), comme le montre la figure 3. Quand la culture se faisait dans des milieux dont les concentrations de phosphore ou de silice étaient inférieures à l'optimum requis, la production d'acide domoïque était stimulée; on pouvait faire diminuer de façon proportionnelle cette production d'acide domoïque en ajoutant au milieu de croissance des quantités dosées de phosphore ou de silice, ce qui éliminait le stress trophique (fig. 4 et 5). Le lithium apparaissait en concentrations relativement élevées à Cardigan en 1987, et des études sur la croissance des algues ont indiqué que cet élément stimule de façon significative la production d'acide domoïque par *P. multiseriis*, comme le montre la figure 6 (Subba Rao *et al.*, en préparation). La concentration d'ammonium joue aussi un rôle; Bates *et al.* (1993) ont montré qu'une concentration très élevée de cet ion peut inhiber la croissance de *P. multiseriis* si on la compare à la croissance en présence des mêmes concentrations d'azote sous forme de nitrate. Toutefois, les cellules qui se sont développées ont produit des concentrations d'acide domoïque plus élevées que celles qui se multipliaient en présence de nitrate seulement.

Parallèlement à ces travaux, les études de McLachlan *et al.* (1993) ont montré qu'un composé marqueur, la gluconolactone, apparaissait seulement dans les fluides de moules dont la chromatographie liquide à haute performance (CLHP) avait mis en évidence la contamination par l'acide domoïque. La gluconolactone a aussi été observée dans un extrait au méthanol, après isolation, d'une bactérie vivant en association étroite avec la diatomée *P. multiseriis*, mais non pas dans les extraits tirés de la diatomée elle-même.

L'exposition de la diatomée à diverses concentrations de gluconolactone (ou plutôt d'un mélange à l'équilibre d'acide gluconique et de gluconolactone, cet acide étant un puissant agent isolant) a révélé que la production d'acide domoïque était stimulée en sa présence, et que l'effet était dépendant de la concentration (fig. 7). La concentration d'acide domoïque augmentait donc en fonction des concentrations d'acide gluconique/gluconolactone, et la proportion d'acide domoïque libérée par la diatomée dans le filtrat de culture augmentait aussi (Osada et Stewart, sous presse).

Les études menées par Stewart *et al.* (sous presse) sur des bactéries qui étaient en association étroite avec *P. multiseriis* révèlent que, parmi les quatre souches de *P. multiseriis* examinées, chacune avait au moins une souche de bactéries associées capables de produire, à partir du glucose, de grandes quantités d'acide gluconique/gluconolactone. Chaque souche de diatomée avait aussi d'autres souches bactériennes qui se développaient de façon optimale en présence d'acides aminés. Les chercheurs ont conclu que ces bactéries

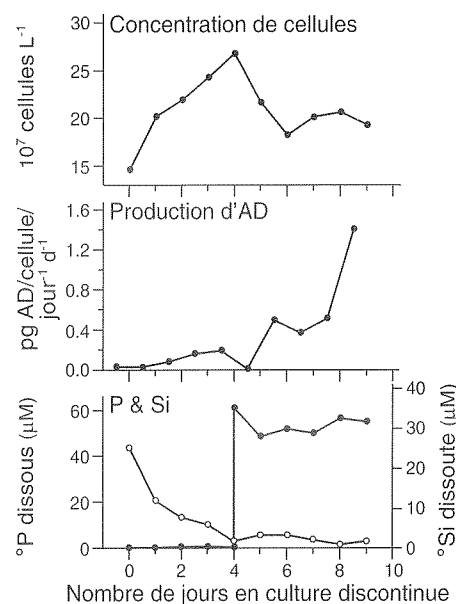


Figure 4. Variations des concentrations intracellulaires d'acide domoïque et de phosphore dissous par rapport au taux de croissance d'une culture de *P. multiseriis*. Noter qu'en présence de faibles concentrations de phosphore, le taux de division des cellules est faible, ce qui coïncide avec une forte production d'acide domoïque.

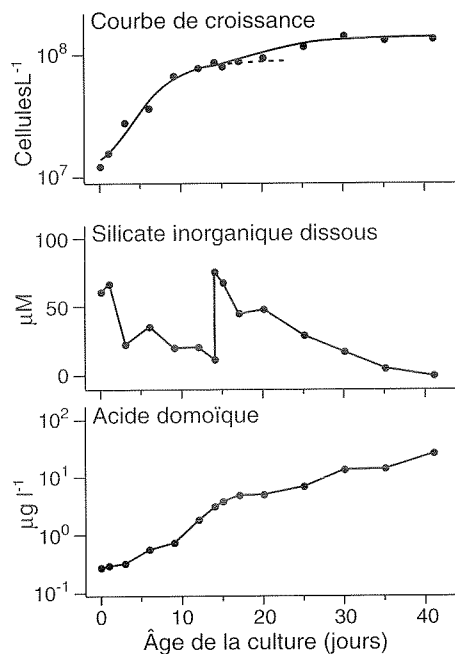


Figure 5. Variations des concentrations intracellulaires d'acide domoïque et de silice dissoute par rapport au taux de croissance d'une culture de *P. multiseriis*. Noter qu'en présence de faibles concentrations de silice, le taux de division des cellules est faible, ce qui coïncide avec une forte production d'acide domoïque.

vivaient en symbiose avec la diatomée. D'autres études ont montré que des *P. multiseriis* cultivées dans des conditions standard et à des salinités différentes contenaient des quantités importantes de glucose, présentes à l'état libre dans la cellule, et aux salinités les plus hautes accumulaient une quantité substantielle de sorbitol, qui est considéré comme un osmolyte.

Ainsi l'ingestion, par des moules ou par d'autres coquillages, de grandes quantités de *P. multiseriis* contenant des concentrations variées d'acide domoïque, comme cela a été le cas en 1987, réunit tous les ingrédients nécessaires pour créer les conditions observées chez les moules par McLachlan *et al.* (1993). Il s'agit de cellules de *P. multiseriis* contenant de l'acide domoïque et des quantités importantes de glucose qui peut être libéré par des lésions ou des ruptures chez les diatomées, de bactéries capables de convertir le glucose en acide gluconique/gluconolactone, et de cellules intactes de *P. multiseriis* (observations de Scarratt, comm. pers.) qui sont encore métaboliquement actives. L'action

de l'acide gluconique/gluconolactone sur ces cellules semble devoir stimuler et accroître la production d'acide domoïque. Il est donc probable qu'une proportion importante de l'acide domoïque présent est en fait synthétisée dans les moules après leur ingestion de *P. multiseriis*. Nous pensons que l'explication du phénomène se trouve dans la nature chimique des deux agents, l'acide gluconique/gluconolactone et l'acide domoïque.

L'acide gluconique est un agent séquestrant puissant, et c'est pour cette raison qu'il est produit commercialement pour entrer dans la composition des agents de nettoyage. L'acide domoïque, lui aussi, a la structure d'un agent chélateur puissant. La nature chimique de l'antagonisme permet de voir le rôle de l'acide domoïque comme celui d'un éboueur chimique et d'un agent de contrôle pour la diatomée. Cette hypothèse est supportée par les éléments suivants : quand les nutriments se font rares à la fin de la période de croissance exponentielle, la production d'acide domoïque est stimulée; quand des nutriments comme le phosphore ou la silice sont présents dans le milieu en concentrations limitantes, la production d'acide domoïque est de nouveau stimulée. Elle est toutefois réduite quand les nutriments qui jusque-là étaient en quantités limitées remontent à des concentrations normales. Quand un agent séquestrant comme l'acide gluconique est présent et peut se lier à divers nutriments, la production d'acide domoïque est stimulée en proportion de la concentration de l'acide

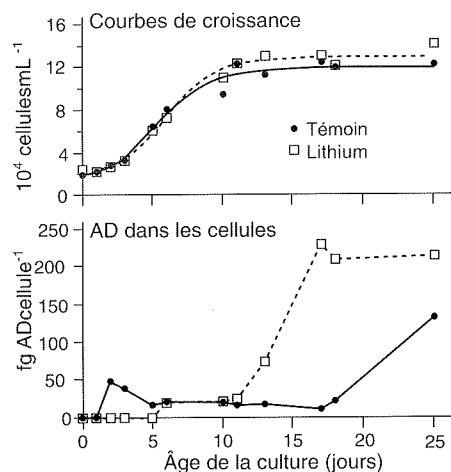


Figure 6. Effet de l'enrichissement par 385,6 mmol de lithium sur la concentration des cellules et la concentration intracellulaire d'acide domoïque dans des cultures de *P. multiseriis*.

gluconique présent, et se libère dans le milieu ambiant pour contrer l'effet de l'agent antagoniste. De plus, en présence de fortes concentrations de divers matériaux, comme le lithium ou des silicates en excédent, de grandes quantités d'acide domoïque sont synthétisées et libérées, ce qui peut correspondre à une tentative de séquestrer ces éléments. Une bonne partie de ce phénomène peut se produire à l'intérieur des coquillages après leur ingestion des diatomées, ce qui expliquerait les fortes concentrations d'acide domoïque observées chez les mollusques.

### Acide domoïque : mécanisme possible d'élimination

Il apparaît que l'acide domoïque est produit un peu partout et en grande quantité dans le milieu naturel; comme il ne semble pas s'accumuler au-delà d'un certain seuil, des mécanismes de dégradation et d'élimination doivent exister. Les bactéries présentes dans le milieu marin sont les premières candidates pour la médiation de cette activité. On a donc étudié des bactéries provenant de la zone mytilicole de la baie Cardigan, à l'Île-du-Prince-Édouard, du bassin de Bedford, en Nouvelle-Écosse, de la baie de Fundy et d'autres eaux marines, pour examiner leur développement aux dépens de l'acide domoïque, et mesurer la capacité des cellules au repos d'oxyder cet acide à l'aide de méthodes manométriques. Malgré des essais extensifs et intensifs, les résultats ont été uniformément négatifs. La capacité de se développer à partir de l'acide domoïque et de l'utiliser ne semble pas un attribut courant des microorganismes.

Certaines études publiées ont montré que les moules bleues (*Mytilus edulis*) sont capables, dans des conditions normales, de faire baisser relativement vite les concentrations d'acide domoïque accumulé; par contre, les résultats d'essais ainsi que les données anecdotiques indiquent que, chez le pétoncle géant (*Placopecten magellanicus*), l'élimination de l'acide domoïque est très lente. En appliquant des techniques d'enrichissement, à partir de tissus de branchies et de glandes digestives, nous avons montré que 45 des 46 moules étudiées possédaient des bactéries, dont la croissance était stimulée par l'acide domoïque de façon notable quoique limitée; de plus, dans 5 homogénats combinés de

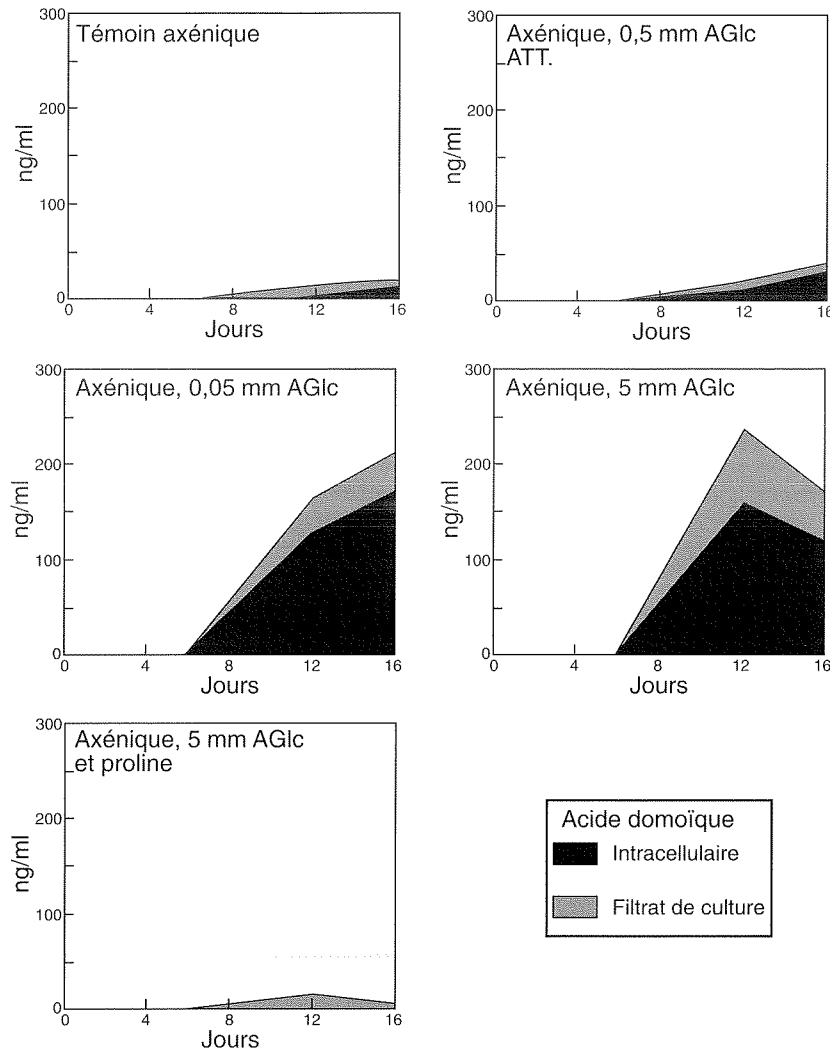


Figure 7. Concentration d'acide domoïque produit par des souches axéniques de *P. multiseriis* cultivées en présence de diverses concentrations d'acide gluconique/gluconolactone et en présence ou en l'absence de proline (5 mM).

tissus mous (dont chacun représentait 10 moules), nous avons relevé la présence des mêmes bactéries. Chez 9 des 20 myes (*Mya arenaria*) et 2 des 10 modioles (*Modiolus modiolus*) étudiés, nous avons observé des bactéries dont la croissance était stimulée par l'acide domoïque, ce qui était le cas chez seulement 4 des 60 pétoncles prélevés en six points différents.

Le genre dominant des bactéries semblait être *Alteromonas*, suivi par *Pseudomonas* sp. Les essais d'utilisation de substrat ont été réalisés sur cinq des isolats bactériens qui avaient présenté la plus forte croissance en présence d'acide domoïque. Une proportion importante des substrats employés, soit l'acide domoïque soit la saxitoxine (selon l'isolat), a disparu après incubation à 20 EC.

Nous en avons conclu que la moule bleue possédait presque toujours une microflore capable d'utiliser l'acide domoïque, tandis que la situation était plus variable chez la mye. Chez les pétoncles géants et les modioles, ces organismes n'étaient présents qu'occasionnellement. L'élimination de l'acide domoïque chez les différentes espèces de coquillages, si l'on en juge d'après les essais limités et les données anecdotiques, semble concorder avec ces découvertes concernant les microorganismes.

Pour rendre compte des différentes capacités microbiennes qui apparaissent chez les diverses espèces de mollusques, il est nécessaire de postuler l'existence d'un mécanisme de sélection; il pourrait s'agir d'une sélection des types bactériens par les

lysozymes des mollusques, comme il est décrit dans les études sur *M. edulis*. Comme ces bactéries semblent pouvoir jouer un rôle important dans l'élimination des toxines chez certaines espèces de coquillages, il serait profitable d'explorer ces pistes. S'il est confirmé qu'il s'agit là d'un mécanisme important d'élimination des toxines chez les mollusques, on peut envisager comme applications pratiques de ce mécanisme des méthodes de détoxification qui favoriseraient les bactéries utilisant l'acide domoïque et la saxitoxine autochtones, et peut-être l'implantation des bactéries recherchées (ou le transfert de leurs aptitudes à des bactéries autochtones) chez les espèces de coquillages qui semblent rejeter les bactéries utilisant les toxines. Cette approche irait nettement à l'encontre des méthodes actuelles de dépuración des coquillages qui visent à éliminer les bactéries présentes dans les mollusques.

Nous avons donc maintenant une idée beaucoup plus précise de la physiologie de la diatomée, du rôle probablement important de l'acide domoïque dans la survie et la dominance des diatomées, de plusieurs facteurs régissant la production d'acide domoïque, notamment le rôle des nutriments et des polluants en excès, et de la probabilité qu'une bonne partie de l'acide domoïque se forme à l'intérieur de la moule et des autres coquillages touchés, et que les bactéries présentes chez certaines espèces de coquillages soient capables de dégrader l'acide domoïque et au moins l'une des principales neurotoxines paralysantes.

Nous avons aussi découvert que la croissance de *P. multiseriis* était stimulée par la présence d'un acide aminé grâce à l'intervention de la bactérie associée à la diatomée, ce qui permet de penser que la présence de déchets organiques due au ruissellement terrestre, aux eaux usées et à d'autres sources, notamment les établissements aquacoles eux-mêmes, peut favoriser les efflorescences de ces microalgues, ainsi que d'autres diatomées et dinoflagellés. Étant donné que l'enrichissement et la pollution sont des facteurs importants, le processus pourrait être aussi bien qualitatif que quantitatif, c'est-à-dire que la présence d'une espèce algale donnée et son abondance éventuelle pourraient être régies en bonne partie par les matières d'origine anthropique.



Malheureusement, il n'est pas possible ici de décrire de façon aussi détaillée les travaux menés à l'Institut océanographique de Bedford (IOB) sur d'autres toxines. Des études approfondies ont été réalisées sur le dinoflagellé *Alexandrium*, qui produit des toxines de la famille des saxitoxines (neurotoxines paralysantes). Le détail des résultats obtenus et les méthodes mises au point ouvrent des perspectives comparables par certains côtés à celles qu'ont apportées les études sur la diatomée *P. multiseriata* et sa production d'acide domoïque. De plus, on a tenté de cultiver en laboratoire des algues jugées responsables de la production des toxines qui causent l'intoxication diarrhéique par les coquillages, ce qui n'a pour le moment jamais été accompli ailleurs.

### Remarques d'ordre général

La liste, même partielle, des progrès réalisés au Canada atlantique depuis la crise des moules de 1987 est impressionnante. Les principaux obstacles au travail analytique sur les toxines amnestiques et paralysantes ont été surmontés grâce à la fourniture de matériel de référence pour les analyses qualitatives et quantitatives essentielles sur ces toxines (ASP et PSP). L'acide domoïque, produit à l'Île-du-Prince-Édouard, est maintenant distribué en quantités sur le marché commercial; la saxitoxine, la néosaxitoxine et les gonyautoxines II et III sont maintenant dans le commerce sous la forme d'étalons certifiés. Des méthodes d'analyse de l'acide domoïque, des saxitoxines et des toxines diarrhéiques ont été mises au point ou améliorées; il s'agit de techniques plus pratiques d'analyse chimique ou sérologique et de bioessai; de techniques améliorées de culture; de méthodes biochimiques et de relevés accompagnés d'analyses à l'échelle régionale de certaines des données recueillies depuis sept ans. Ces activités ont ouvert des perspectives qui font du Canada atlantique un point central de la recherche sur les toxines marines. Avec la méthodologie et les techniques qui existent maintenant, les instruments d'analyse dont on dispose, les matériels de référence chimiques et l'avantage d'une vaste expérience de travail extensif et intensif, jamais les conditions n'ont été meilleures pour réaliser des percées dans le domaine. Le moment est favorable pour

tirer profit de notre excellente position car on prévoit une hausse vigoureuse de la production de coquillages, particulièrement en ce qui concerne certains projets d'élevage du pétoncle géant.

Si l'expérience japonaise (en 14 ans, la production est passée de 0 à 2 500 tonnes par an) de la pectiniculture est répétée ici, même à petite échelle, il est fort possible que l'aquaculture puisse représenter dans un avenir prévisible une proportion importante de la production totale de pétoncles de la région. Le secteur pétonclier, qui est déjà dans la région le plus lucratif de l'industrie des pêches, atteint maintenant plus de 200 millions de dollars par an de recettes brutes; ce revenu se fonde sur l'utilisation du muscle adducteur seulement, puisque c'est la seule partie du pétoncle qui soit avec certitude exempt de toxine paralysante. Le reste des parties molles de l'animal (65 %) est éliminé dans des décharges terrestres. Il existe toutefois de grands marchés qui cherchent des approvisionnements fiables et réguliers de certaines parties des pétoncles qui sont actuellement rejetées, c'est-à-dire les barbes et le corail, si l'on peut prouver qu'ils sont exempts de toxines. Il est possible que les connaissances réunies grâce aux études sur les toxines permettent de surmonter ces obstacles.

À l'heure actuelle, les zones de pectiniculture n'ont pas été frappées par les toxines paralysantes, et grâce à ces circonstances favorables de petites entreprises ont réussi à atteindre le seuil de rentabilité en vendant le pétoncle entier, ce qui leur permet de gagner beaucoup plus qu'en vendant seulement le muscle adducteur. Les conditions sont pour le moment favorables au maintien de l'autonomie et au renforcement de la rentabilité d'une industrie en plein essor, grâce au progrès technologique et à ses applications, par une exploitation des résultats obtenus dans la zone atlantique; ce développement s'inscrirait clairement dans l'intérêt manifesté par le Ministère pour la gestion de la zone côtière. Les problèmes des phycotoxines cadrent parfaitement avec ce contexte, car ils sont vastes et couvrent des dossiers touchant à l'habitat et à l'environnement ainsi qu'aux pêches, à l'aquaculture et aux loisirs.

### Conclusions

Les conclusions tirées de nos études et d'autres font ressortir la possibilité très réelle qu'une partie importante du problème posé par les toxines, et dans le cas présent par l'acide domoïque, puisse être directement liée aux activités humaines. Grâce aux données recueillies et aux travaux qui en sont le prolongement logique, nous sommes mieux placés pour comprendre où et comment les problèmes risquent de surgir. Il est alors possible de prendre des mesures pour éviter les conséquences les plus graves et pour exploiter le potentiel de biodégradation des toxines par la flore bactérienne des coquillages; on pourrait donc soit éliminer les toxines avant que leurs concentrations dans les coquillages ne deviennent prohibitives ou faciliter la dépuración par la suite. Grâce à ces données, et à d'autres informations similaires sur d'autres toxines, nous posséderons aussi les moyens de choisir des méthodes de contrôle différentes et plus efficaces que dans le passé.

Pour conclure, il est bon de réitérer l'essentiel de notre position. Les connaissances fondamentales tirées des études sur les phycotoxines permettent d'atteindre en partie nos buts d'amélioration des méthodes de diagnostic, de prévision, de protection et de traitement, et promettent, grâce à la poursuite des recherches, d'atteindre pleinement ces buts. Les retombées potentielles de nos travaux pour l'industrie de la pêche et pour l'enrichissement des connaissances sur la dynamique du phytoplancton dans la zone côtière sont donc considérables.

### Références

- BATES, S.S., J. WORMS, and J.C. SMITH. 1993. Effects of ammonium and nitrate on growth and domoic acid production by *Nitzschia pungens* in batch culture. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50: 1248-1254.
- BIRD, C.J., R.K. BOYD, D. BREWER, C.A. CRAFT, A.S.W. DE FREITAS, E.W. DYER, D.J. EMBREE, M. FALK, M.G. FLACK, R. FOXALL, C. GILLIS, M. GREENWELL, W.R. HARDSTAFF, W.D. JAMIESON, M.V. LAYCOCK, P. LEBLANC, N.I. LEWIS, A.W. MCCULLOCH, G.K. MCCULLY, M. MCINERNEY-NORTHCOTT, A.G. MCINNES, J.L. MCLACHLAN, P. ODENSE, D. O'NEIL, V.P. PATHAK, M.A. QUILLIAM,

M.A. RAGAN, P.F. SETO, P.G. SIM, D. TAPPEN, P. THIBAUT, J.A. WALTER, J.L.C. WRIGHT, A.M. BACKMAN, A.R. TAYLOR, D. DEWAR, M. GILGAN, and D.J.A. RICHARD. 1988. Identification of domoic acid as the toxin agent responsible for the P.E.I. contaminated mussel incident. *Alt. Res. Lab. Techn. Rep.* 56: 86 pp.

MCLACHLAN, D.G., A.H. LAWRENCE, and L. ELIAS. 1993. Rapid IMS analysis for the shellfish biotoxin, domoic acid. 39th Canadian spectroscopy Conference. (Résumé)

NESE, L., and O. ENGER. 1993. Isolation of *Aeromonas salmonicida* from salmon lice *Lepeophtheirus salmonis* and marine plankton. *Dis. Aquat. Org.* 16: 79-81.

OSADA, M., and J.E. STEWART. Sous presse. Gluconic acid/gluconolactone: physiological influences on domoic acid production by bacteria associated with *Pseudo-nitzschia multiseriis*. *Aquat. Microbial Ecol.*

PAN, Y., D.V. SUBBA RAO, K.H. MANN, R.G. BROWN, and R. POCKLINGTON.

1996a. Effects of silicate limitation on the production of domoic acid, a neurotoxin, by the diatom *Pseudo-nitzschia multiseriis*. I. Batch culture studies. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 131: 225-233.

PAN, Y., D.V. SUBBA RAO, K.H. MANN, W.K.W. LI, and W.G. HARRISON. 1996b. Effects of silicate limitation on production of domoic acid, a neurotoxin, by the diatom *Pseudo-nitzschia multiseriis*. II. Continuous culture studies. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 131: 235-243.

PATZ, J.A., P.R. EPSTEIN, T.A. BURKE, and J.M. BALBUS. 1996. Global climate change and emerging infectious diseases. *J. Am. Med. Assoc.* 275: 217-223.

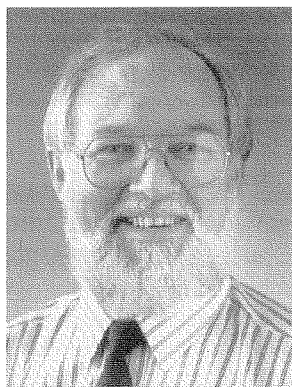
STEWART, J.E., L.J. MARKS, C.R. WOODS, S.M. RISSER, and S. GRAY. Sous presse. Symbiotic relations between bacteria and the domoic acid producing diatom, *Pseudo-nitzschia multiseriis* and the capacity of these bacteria for gluconic acid/gluconolactone formation. *Aquat. Microbial Ecol.*

SUBBA RAO, D.V., M.A. QUILLIAM, and R. POCKLINGTON. 1988. Domoic acid - a neurotoxic amino acid produced by the marine diatom *Nitzschia pungens* in culture. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 2076-2970.

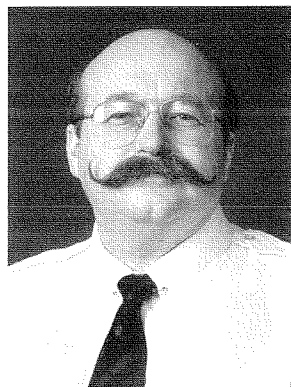
WRIGHT, J.L.C., R.K. BOYD, A.S.W. DE FREITAS, M. FALK, R.A. FOXALL, W.D. JAMIESON, M.V. LAYCOCK, A.W. MCCULLOCH, A.G. MCINNES, P. ODENSE, V.P. PATHAK, M.A. QUILLIAM, M.A. RAGAN, P.G. SIM, P. THIBAUT, J.A. WALTER, M. GILGAN, D.J.A. RICHARD, and D. DEWAR. 1989. Identification of domoic acid, a neuroexcitatory amino acid, in toxic mussels from eastern Prince Edward Island. *Can. J. Chem.* 67: 481-490.

## Les SVCEI : le passé, le présent et le futur

S.T. Grant & J. Goodyear



S.T. Grant



J. Goodyear

### Introduction

La technologie des cartes électroniques envahit les milieux de l'hydrographie et de la navigation maritime comme un raz-de-marée. Née il y a seulement une vingtaine d'années, elle en est déjà au stade où les systèmes de visualisation des cartes électroniques et d'information (SVCEI) sont sur le point de jouir du même statut et de la même autorité que les cartes papier

sur la passerelle du navire. Nous allons ici examiner rapidement l'histoire des cartes électroniques pour planter le décor des trois grandes activités présentement en cours : 1) mise au point de normes internationales, avec définition des essais et procédures d'homologation de l'équipement, des données et des mises à jour, 2) élaboration et mise en oeuvre d'infrastructures nationales et internationales de diffusion rapide et efficace des données et des mises

à jour des SVCEI dans le monde entier, et 3) création de données SVCEI, connues sous le nom de cartes électroniques de navigation (CEN), pour toutes les grandes routes maritimes du monde. Notre article se terminera par un aperçu de l'avenir des cartes électroniques et de l'impact qu'elles pourront avoir sur diverses activités hydrographiques et maritimes.

### Contexte

Au Canada, la technologie des cartes électroniques a fait ses débuts à la fin des années 70, lorsque plusieurs entreprises engagées dans des relevés hydrographiques pour l'industrie pétrolière ont mis au point des systèmes spécialisés de navigation utilisant des systèmes graphiques rudimentaires et des systèmes de navigation intégrée pour manoeuvrer efficacement les navires dans les voies navigables restreintes.

Au début des années 80, des bureaux hydrographiques (BH) d'Europe et

d'Amérique du Nord ont montré pour cette nouvelle technologie un intérêt croissant, qui s'est concrétisé dans une série d'ateliers sur les cartes électroniques tenus des deux côtés de l'Atlantique, et dont le premier a eu lieu en 1982 à l'Université du Nouveau-Brunswick. Aujourd'hui, les séances et démonstrations de cartes électroniques sont monnaie courante lors de toutes les grandes conférences de nature maritime.

Parallèlement aux études formelles, plusieurs BH ont participé, avec le secteur privé, à des essais et démonstrations en mer de prototypes de cartes électroniques, en vue de faire connaître la technologie à la communauté maritime et d'avoir son opinion. Les BH voulaient surtout évaluer les difficultés liées à la définition, à la compilation et à la maintenance d'une base de données de cartes électroniques. Parmi les essais en mer, il y a eu les essais de prototypes effectués par le Service hydrographique du Canada (SHC) de 1985 à 1988 dans le port d'Halifax, le projet de la Mer du Nord à bord du NM *LANCE* en novembre 1988, suivi par le projet *Seatrans* à bord du NM *NORNEWS EXPRESS* en 1989-1990.

L'Organisation maritime internationale (OMI) et l'Organisation hydrographique internationale (OHI) ont entamé, vers le milieu des années 80, des discussions sur les cartes électroniques dans le but d'élaborer des normes pour l'industrie.

En 1989, en raison des préoccupations croissantes quant à la capacité du Canada d'éviter un important déversement d'hydrocarbures en mer ou d'y réagir, le Cabinet fédéral canadien a mis sur pied le Comité d'examen public des systèmes de sécurité des navires-citernes et de la capacité d'intervention en cas de déversements en milieu marin. Le comité, présidé par M. David Brander-Smith, C. R., a publié son rapport final en 1990. Parmi les nombreuses recommandations figurait la suivante :

« [que l'on] accélère la mise au point de la cartographie électronique et de l'infrastructure de soutien, puis adopte un règlement rendant obligatoire l'utilisation de cartes électroniques sur tous les navires-citernes naviguant dans les eaux canadiennes ».

Pour donner suite à cette recommandation, le SHC a élaboré une stratégie de cartographie électronique, dont la mission était de faire la démonstration, devant un vaste éventail d'utilisateurs, fournisseurs et contributeurs potentiels, de l'utilité des systèmes de cartes électroniques et d'acquérir une expérience opérationnelle relative à la prestation de services sur le marché des données numériques, au niveau national et international.

Afin d'examiner les nombreuses questions que soulèverait la technologie des cartes électroniques, un élément clé de la stratégie comportait les essais des systèmes opérationnels. Pour simuler les conditions prévues, la stratégie exigeait le déploiement d'un certain nombre de systèmes dans tout le pays, sur divers types de navires commerciaux pendant de longues périodes. Le projet pilote de cartes électroniques du SHC a donc été conçu pour détecter les stress et les contraintes de la création, la maintenance et la diffusion quotidiennes des données destinées à une vaste clientèle.

En juin 1992, le SHC signait un contrat avec l'entreprise Offshore Systems Ltd. (OSL) pour l'utilisation de la dernière version de son système précis intégré de navigation par carte électronique (ECPINS, pour Electronic Chart Precise Integrated Navigation System), dans le cadre du projet-pilote du SHC. On pensait en effet que les normes internationales en cours d'élaboration entraîneraient des modifications de la *Loi sur la marine marchande du Canada*, qui régit l'utilisation de ces systèmes à bord de navires naviguant dans les eaux canadiennes. Le SHC, fournisseur officiel de toutes les cartes au Canada, devait donc développer une maîtrise de la production et du contrôle des cartes électroniques.

### Normes internationales

Les cartes électroniques sont classées par l'OMI en deux grands groupes : les systèmes de visualisation des cartes électroniques et d'information (SVCEI) et les systèmes de cartes électroniques (SCE).

La première catégorie, les SVCEI, doit satisfaire aux normes de fonctionnement élaborées par le groupe

d'harmonisation des SVCEI OMI/OHI. Ces normes, approuvées par le Comité de la sécurité maritime en mai 1994, ont été présentées à la dix-neuvième session de l'OMI et adoptées en tant que Résolution de l'assemblée en novembre 1995. Selon les normes, le SVCEI est un « système de renseignements sur la navigation qui, avec des dispositifs de sauvegarde appropriés, peut être accepté comme équivalant à la carte tenue à jour requise aux termes de la règle V/20 de la Convention SOLAS de 1974 ». Lorsque les normes, spécifications d'homologation de type, etc. de l'OMI, de la CEI et de l'OHI seront définitives, les SVCEI installés jouiront d'une pleine égalité avec les cartes papier. Cela implique évidemment la disponibilité et la mise sur pied d'une installation de mise à jour des cartes, ainsi que l'utilisation des bases de données gouvernementales des cartes produites.

En affichant certains renseignements fournis par la carte électronique de navigation (CEN) ainsi que les données sur la position fournies par des capteurs de navigation, le SVCEI devrait aider le navigateur dans la planification et la surveillance de la route et, au besoin, afficher d'autres renseignements de navigation. En tant qu'aide décisionnelle automatisée capable de donner en continu la position du navire par rapport à la terre, à des objets portés sur la carte, à des aides à la navigation et à des dangers non visibles, le SVCEI constitue une approche novatrice à la navigation et au pilotage maritimes.

Parallèlement à l'élaboration par l'OMI de normes de performance pour les SVCEI, l'OHI a établi des normes techniques quant au format de données numériques à utiliser et des spécifications pour leur contenu et leur affichage. La publication spéciale OHI S-57 concerne les normes de transfert de données hydrographiques numériques. On y retrouve un modèle théorique de données, un catalogue d'objets et un guide de codage des données. La publication spéciale OHI S-52 s'intitule *Spécifications pour le contenu cartographique et les modalités d'affichage des ECDIS*, et contient quatre annexes : mise à jour, spécifications quant aux couleurs et symboles, qualité des données et glossaire de termes liés aux SVCEI. Ces deux publications sont citées dans la norme de fonctionnement des SVCEI de l'OMI, et en font donc partie.

À la demande de l'OMI, la Commission électrotechnique internationale (CEI) travaille à élaborer et à décrire les essais et vérifications de fonctionnement du matériel SVCEI qui permettront de certifier qu'il satisfait parfaitement aux Normes de fonctionnement des SVCEI de l'OMI. L'élaboration de la norme de fonctionnement des SVCEI de la CEI (Publication 1174 de la CEI) devrait être terminée à l'été ou l'automne de 1996. Cependant, une partie de la norme OHI, qui constitue la base de la Norme de fonctionnement de l'OMI, est encore en cours d'élaboration; par exemple, le document de l'OHI sur la tenue à jour des SVCEI est encore considéré comme ligne directrice pour le moment et subira sous peu un remaniement profond, lorsque seront terminés un certain nombre d'essais de tenue à jour de SVCEI entrepris dans divers pays, dont le Canada. En outre, les spécifications quant aux dispositifs de sauvegarde appropriés pour les SVCEI ne sont pas encore définies; une fois que ce sera fait, un document de la CEI sur les méthodes d'essai devra être rédigé. L'adoption officielle de la CEI ne saurait donc survenir avant la fin de 1997, au plus tôt.

La seconde catégorie, les systèmes de cartes électroniques (SCE), comprend toutes les cartes électroniques qui ne sont pas conformes à la norme des SVCEI. L'OMI ne les considère pas comme des équivalents acceptables des cartes papier, qui doivent donc être maintenues. Le SCE est un dispositif mixte, comme le SVCEI; il fait intervenir la combinaison d'une carte électronique avec un système de positionnement, et affiche la position et la route du navire, ainsi que les bouées, balises et dangers. Il est destiné à être une aide à la navigation, au même titre que les radars, le GPS, les échosondeurs, les lochs, etc. Les SCE prennent diverses formes et sont disponibles pour toutes les catégories de bateaux, des petits bateaux de plaisance aux superpétroliers. La gamme de matériels de SCE va donc de petits traceurs à des systèmes très sophistiqués.

La Radio Technical Commission for Maritime Services (RTCMS) des États-Unis a publié en 1994 sa norme pour les SCE, qui stipule que ces systèmes doivent pouvoir effectuer des tâches de

navigation de base, et fournir des pointages en continu de la position du navire porteur ainsi que des indications adéquates sur l'information affichée. La norme autorise l'utilisation de données matricielles et de données vectorielles. Cependant, nombre des fonctions que l'on retrouve dans les SVCEI ne sont pas disponibles avec les SCE; ceux-ci sont donc considérés comme des aides à la navigation, et doivent toujours être utilisés avec une carte tenue à jour provenant d'un BH certifié par un gouvernement.

De plus lors de la dernière réunion du groupe d'harmonisation OMI/OHI, le président a demandé aux membres de préparer des lignes directrices sur les SCE, qui seront présentées à la prochaine séance.

### Production de CEN

Au moment où s'échoua l'Exxon Valdez, moins de 10 % des cartes du SHC étaient numériques et aucune ne se prêtait à l'utilisation dans un SVCEI. De nos jours, environ 300 cartes (soit 30 % du stock du SHC) sont numériques et distribuées aux utilisateurs et fabricants de SVCEI par notre partenaire commercial Nautical Data International (NDI), de St. John's (Terre-Neuve). De plus, environ 250 cartes (25 % du stock) ont été produites par scanneur-numériseur par NDI pour le compte du SHC et sont tenues à jour et distribuées par NDI.

La production de CEN au Canada a été régie en grande partie par la demande des usagers, les transporteurs maritimes ayant acheté des matériels de SVCEI pour leurs flottes et demandé des CEN approuvées par le SHC pour les utiliser avec ces systèmes. Ne disposant pas des ressources pour répondre à ces premières demandes, le SHC a consulté les utilisateurs afin de déterminer un contenu standard minimum pour la sécurité de la navigation, sur lequel a été basée la première vague de numérisation. Aujourd'hui, le contenu de la plupart de ces cartes a été relevé au point où elles sont presque conformes aux spécifications de produits S-57 de l'OHI. En outre, les relevés de la plupart des principales routes de navires-citernes au Canada sont maintenant terminés, ou du moins bien avancés. Cet exercice a été fructueux tant pour les navigateurs que pour les

hydrographes, en ce sens qu'il les a obligés à évaluer exactement quels éléments sont nécessaires pour la sécurité et l'efficacité de la navigation, dans le cas non seulement des SVCEI, mais aussi des cartes papier. Grâce à la coopération et aux consultations étroites qui lient maintenant les marins, les transporteurs maritimes et le SHC, nous pouvons concentrer nos efforts sur la satisfaction des besoins des clients plutôt que sur le respect de niveaux de production définis à l'interne.

Au départ, toutes les CEN du SHC étaient créées et distribuées dans le format exclusif NTX du SHC. En fait, la plupart des CEN du SHC sont encore maintenues et distribuées en NTX, mais la situation devrait changer sous peu. Ces dernières années, alors que le DBWG de l'OHI mettait au point la norme S-57 de transfert des données hydrographiques numériques, version 2, le SHC a participé activement à ces travaux et fait en sorte que nos CEN (en format NTX) soient aussi conformes que possible à la norme de l'OHI. De plus, un logiciel a été élaboré par le SHC, en collaboration avec Universal Systems Ltd., de Fredericton (N.-B.), pour la conversion interactive des CEN du NTX à la norme S-57. À l'heure actuelle, environ 80 % de la conversion se fait automatiquement, et seuls les 20 % restants exigent une intervention humaine. À terme, le processus devrait être automatique à 95 %. Un essai est présentement en cours pour convertir un ensemble contigu de CEN entre Montréal et Québec, ainsi que des cartes pour divers sites des Grands Lacs. Une version préliminaire d'essai de la norme S-57 (version 3) devrait paraître en avril 1996, avec une version finale plus tard dans l'année, et le logiciel de conversion du SHC est déjà en cours d'actualisation. L'objectif du SHC est de distribuer TOUTES ses cartes en format S-57 en 1997.

Les navigateurs et transporteurs maritimes sont de plus en plus nombreux à découvrir les avantages des SVCEI sur les plans de l'économie et de la sécurité. Par exemple, l'Association des armateurs canadiens a fait savoir que la totalité de la flotte canadienne des Grands Lacs serait équipée de matériel SVCEI à la fin de 1997. Cependant, les transporteurs maritimes qui opèrent sur toute la planète sont confrontés

à un problème plus sérieux, puisque ce ne sont pas tous les BH qui s'attaquent à la production de CEN de façon aussi dynamique que le Canada. En fait, quelques-uns seulement (Japon, Norvège, France et Canada) sont en train de numériser leurs cartes en grands nombres. Les transporteurs maritimes qui veulent utiliser les SVCEI dans le monde entier doivent donc traiter avec des producteurs de CEN ou fabricants de SVCEI commerciaux dans les régions non couvertes par un BH. Vu la tendance mondiale à la réduction des services des gouvernements, les BH qui retardent leurs programmes de production de CEN trouveront très difficile de déloger le secteur privé une fois que celui-ci aura fait la preuve de sa capacité, de son efficacité et de la qualité de ses produits.

### Distribution des CEN

Un autre domaine auquel s'est intéressée la communauté internationale est la nécessité de régler les aspects administratifs, techniques, financiers et juridiques de la distribution à l'échelle planétaire des CEN et de leurs mises à jour. L'OHI a donc mis sur pied en 1992 un comité mondial chargé des cartes électroniques de navigation (WEND), qui a élaboré un ensemble de principes et un modèle conceptuel comportant plusieurs centres régionaux de coordination des CEN (CRCC) répartis dans le monde entier et chargés de recueillir les données des BH. Ces centres auraient la responsabilité d'effectuer l'intégration des données des BH individuels et leurs mises à jour subséquentes, et de fournir un service au milieu international de la navigation maritime. En principe, le navigateur pourrait se procurer des CEN (et leurs mises à jour) de n'importe quel point du monde via un réseau de télécommunications reliant tous les CRCC. La mise en place de ce modèle n'a pas pu beaucoup avancer, parce que nombre de BH devaient consacrer la totalité de leurs ressources, de plus en plus minces, à leurs cartes en papier traditionnelles.

Il reste cependant des incertitudes sur la manière dont se déroulera la distribution mondiale des CEN. La situation se complique encore du fait de l'engagement du bureau hydrographique du Royaume-Uni (UKHO) pour fournir des

données matricielles et de l'intention du service de cartographie de l'armée des États-Unis de distribuer ses produits cartographiques dans son propre format vectoriel. De fait, une initiative lancée par l'UKHO propose une norme d'affichage des cartes matricielles (RCDS), semblable aux Normes de fonctionnement des SVCEI, et ce pour deux raisons : a) les SVCEI seraient plus que l'équivalent des cartes papier, et b) un système conforme à la RCDS serait en fait cet « équivalent ». La RCDS pourrait être adoptée par le Comité de sécurité maritime de l'OMI d'ici un an. Des normes de certification semblables à celles de la publication 1174 de la CEI pour les SVCEI devraient alors être élaborées par la CEI et les organismes de certification devraient se mettre en demeure de commencer à tester les matériels. Forts de l'expérience acquise avec la norme des SVCEI, ces organismes pourraient certainement répéter assez rapidement le processus pour la RCDS. Les systèmes certifiés aux termes de la RCDS pourraient en quelques années remplacer les cartes papier sur les passerelles des navires. Quel serait l'impact de cette situation sur l'expansion mondiale des SVCEI? Étant donné qu'il est relativement facile et peu coûteux de réaliser un scannage-numérisation des cartes papier, et que les systèmes certifiés en vertu de la RCDS pourraient être d'un ordre de grandeur moins chers que les SVCEI, la production de CEN, et donc l'utilisation des SVCEI à l'échelle planétaire, pourraient être gravement compromises.

Au cours des cinq dernières années, le SHC a connu d'importants changements, tant dans l'attitude que dans les méthodes de travail, liés à son engagement de satisfaire les demandes de CEN des utilisateurs canadiens de SVCEI. Autrefois axé sur les produits papier et fonctionnant avec des horizons temporels de l'ordre de un ou deux ans pour la réalisation d'un nouveau produit, le SHC est devenu un organisme qui sort de nouveaux produits de cartes électroniques en un à deux mois. Les documents qui autrefois transitaient pendant des semaines ou des mois entre l'administration centrale et les bureaux régionaux sont maintenant envoyés par courrier électronique en quelques secondes. La réingénierie et les changements

d'attitude qui ont eu lieu au SHC ont aussi eu des effets bénéfiques sur nos produits papier. Il nous reste cependant du chemin à faire!

À l'heure actuelle, au Canada, la mise à jour des CEN est effectuée par remplacement total des fichiers. Bien que ce ne soit pas la meilleure manière possible, elle fonctionne étonnamment bien, avec des temps de rotation de quelques jours à quelques semaines. De grands programmes ont été entrepris au Canada et ailleurs pour tester et évaluer les lignes directrices de l'OHI sur la tenue à jour des CEN et, à terme, en faire une norme internationale. La tenue à jour des CEN, l'indication de qualité des CEN et l'appoint aux SVCEI sont les trois grandes lacunes de la Norme internationale des SVCEI qui restent à combler.

### L'avenir des SVCEI

Au Canada, l'avenir des SVCEI est prometteur, parce que près de la moitié des cartes du SHC sont numériques et utilisables avec ces systèmes. Cependant, à l'échelle mondiale, il est fonction de plusieurs facteurs, dont le plus crucial est l'absence de CEN, qui à son tour freine la demande en SVCEI, et par conséquent l'intérêt pour l'établissement d'une infrastructure de distribution des CEN et de leurs mises à jour. Vu la tendance mondiale à la réduction des organes gouvernementaux, il semble peu probable que l'on voie une augmentation prononcée de la production de CEN dans un avenir proche. L'introduction de la RCDS ne fera qu'exacerber le problème. De plus en plus de navigateurs découvrent les avantages des SVCEI sur les plans de l'économie et de la sécurité, et continuent de faire pression sur les BH pour que ceux-ci produisent davantage de CEN. Quand ils ne peuvent pas se procurer de « données officielles de BH », ils se rabattent à regret sur des données commerciales qui dépassent probablement en nombre le total mondial des données de BH. Cependant, les données du commerce n'ont pas le même statut ni la même légitimité que les « données officielles de BH » et, lorsque l'on s'en sert, c'est la carte papier qui reste le seul document de navigation valide sur la passerelle.

La Garde côtière canadienne et celle des États-Unis continuent de progresser dans la mise en place de réseaux de DGPS dans toutes les eaux côtières d'Amérique du Nord. La précision de l'ordre de 3 à 5 m qu'offre le DGPS ne peut être exploitée qu'avec un système de type SVCEI. Or, lorsque les marins utilisent des systèmes avec ce genre de précision, ils découvrent de nouvelles et meilleures techniques de navigation. Les SVCEI sont par exemple utilisés pour l'accostage, et la Canada Steamship Lines a pu recevoir l'année dernière l'autorisation d'opérer dans le Saint-Laurent après que les bouées aient été enlevées pour l'hiver, ce qui marque normalement l'interruption de la saison de navigation. Les SVCEI influent également sur l'approche qu'adoptent les navigateurs et les fournisseurs de services à la navigation (essentiellement les gardes côtières) face à la sécurité et à l'efficacité de la gestion du trafic maritime. Ils demandent par exemple s'il est indispensable qu'il y ait autant de bouées et de phares, et comment fonctionneront à l'avenir les services de trafic maritime (STM). Grâce à une technologie connexe, les systèmes d'information automatisés (SIA), un navire pourrait faire connaître sa position via un

lien radio dédié et faire afficher par les SVCEI utilisant cette information tous les navires se trouvant à proximité, même s'ils ne sont pas visibles au radar, par exemple parce qu'ils sont masqués par une boucle d'un cours d'eau.

Il ne fait aucun doute qu'avec les SVCEI, les DGPS et les communications numériques mondiales ultra-rapides, appuyées par des ordinateurs toujours plus petits et plus puissants et par des affichages vidéo de meilleure résolution, la navigation maritime va continuer de connaître de profonds bouleversements pendant bien des années. Une époque intéressante entre toutes!

### Références

GRANT, S.T. 1994. Initiatives du SHC ayant trait aux cartes électroniques. *Revue des sciences 1992 & 1993*. Ministère des Pêches et des Océans. Dartmouth.  
IEC/TC80/WG7 (ECDIS). Operational and Performance Requirements - Methods of Testing and Required Test Results. IEC 1174 ECDIS V.02. Juillet 1995.  
OHI SP 52. Spécifications pour le contenu cartographique et les modalités d'affichage des ECDIS. BHI, Monaco.

OHI SP 52. Annexe 1. Directives relatives à la mise à jour de la carte électronique de navigation. 2<sup>e</sup> édition, décembre 1994.

IHO SP 52. Appendix 2. Colour and Symbol Specifications for ECDIS. 3<sup>e</sup> édition, novembre 1994.

IHO SP 52. Appendix 3. Glossary of ECDIS-related terms. 2<sup>e</sup> édition, septembre 1993.

IHO SP 57. IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data. In three parts: Part A - Object Catalogue, Part B - DX-90, Part C - Digitizing Conventions. Édition actuelle.

OMI. Normes de fonctionnement des SVCEI, MSC/Circ. 637, 27 mai 1994 (OMI PS).

KERR, A.J. 1996. International Perspective on ECDIS. *Revue hydrographique internationale*, Monaco, LXXIII(1), mars.  
KERR, A.J. 1995. Base de données mondiale pour les cartes marines numériques. *Revue hydrographique internationale*, Monaco, LXXII(2), septembre.

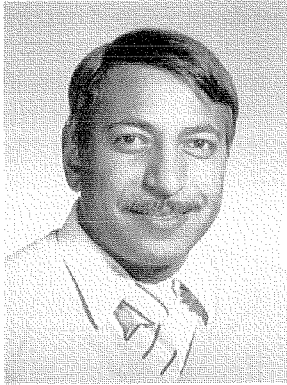
Protégeons nos eaux (1990). Rapport final au Comité d'examen des systèmes de sécurité des navires-citernes et de la capacité d'intervention en cas de déversements en milieu marin. Septembre.

# Conception d'une base de données pour le Service hydrographique du Canada au moyen de la technologie CASE

C. E. Day, H. P. Varma



C. E. Day



H. P. Varma

## Résumé

Le Service hydrographique du Canada (SHC) est en train de mettre au point une base de données nationale à l'aide des outils et de la méthode ORACLE. L'objectif consiste à analyser les fonctions du SHC en recourant au génie logiciel assisté par ordinateur (CASE). Les composantes de base de l'outil de conception CASE sont la hiérarchie fonctionnelle et le diagramme entité-relation (E-R). Pour établir la hiérarchie fonctionnelle, on rencontre les clients afin de représenter leurs activités en termes de fonctions d'affaires. Ces fonctions sont ensuite transposées sur un diagramme E-R traduisant le modèle de données du SHC.

## Introduction

Le SHC recueille des données hydrographiques au rythme d'environ 4 giga-octets à l'heure. Il a donc jugé nécessaire de concevoir et de mettre en oeuvre un modèle approprié pour gérer toute cette masse d'informations. En outre, ce modèle doit pouvoir assurer le traitement des informations, conservées sous forme numérique, qui ont été recueillies au cours des années antérieures. En juin 1994, il a été décidé d'utiliser comme gestionnaire de base de données, à l'échelle nationale, le système « multidimensionnel » d'ORACLE, conçu par le SHC (Varma, 1989) et d'employer la méthodologie

CASE d'ORACLE pour créer et alimenter la base de données hydrographiques. Au présent stade, les travaux portent seulement sur les données ponctuelles et les données recueillies dans des réseaux de collecte linéaires (données linéaires).

## Méthodologie CASE d'ORACLE

Les outils CASE d'ORACLE intègrent la méthodologie CASE; ils procurent un ensemble complet de moyens de développement, dont le dictionnaire CASE en tant que dépôt et le diagrammeur CASE, qui sert à la confection du diagramme entité-relation, de diagrammes de flux de données et de diagrammes matriciels ainsi qu'à la modélisation de la hiérarchie fonctionnelle. Le générateur CASE repose sur l'emploi d'un langage de quatrième génération (L4G) pour la génération des applications. Ces outils remplissent les fonctions suivantes : documentation du projet, présentation graphique des modèles, définition et description des entités et des attributs, détermination des contraintes liées aux applications et génération automatique de codes pour l'assurance intégrée de la qualité des produits (Barker, 1990).

Le processus de création de bases de données inhérent à la méthodologie CASE repose sur le cycle de vie du système d'activités, dans lequel les différentes

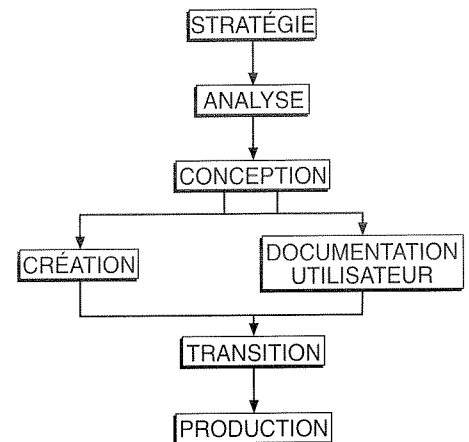


Figure 1 : Cycle de vie du système d'activités (Barker, 1990)

tâches sont groupées en stades, auxquels sont rattachés des exigences quant aux résultats attendus. La figure 1 présente le cycle de vie du système d'activités. Les stades sont les suivants : stratégie, analyse, conception, création, documentation utilisateur, transition et production. Les stades de la stratégie et de l'analyse déterminent la portée du projet et, à l'intérieur de ce cadre, définissant quelle fonction l'organisation doit remplir pour s'acquitter de son mandat. Ce sont les stades dont s'occupe actuellement l'équipe responsable de la base de données centrale du SHC. Ultérieurement, on s'occupera de la création, de l'essai et de la mise en oeuvre des applications nécessaires à la production (Evangelatos *et al.*, 1994). Nous nous attarderons ici aux processus et aux activités propres aux stades de la stratégie et de l'analyse.

## Stade de la stratégie

L'objectif au stade de la stratégie consiste à élaborer un plan de l'organisation tenant compte des contraintes organisationnelles, financières et techniques. On effectue une analyse de l'organisation à partir de laquelle un modèle d'activités est élaboré. Les principaux résultats visés au stade de la stratégie sont un énoncé d'orientation, un diagramme

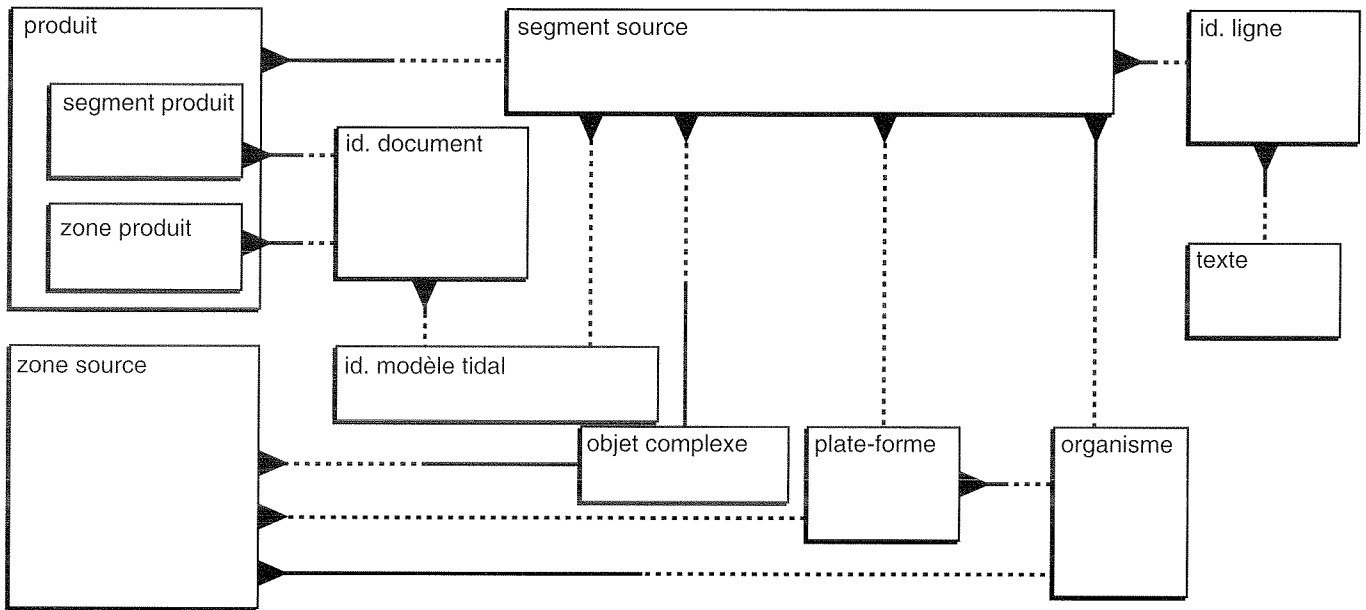


Figure 2 : Diagramme E-R - Projet de création de la base de données centrale du SHC

entité-relation, une hiérarchie fonctionnelle indiquant les activités courantes de l'organisation et les enjeux organisationnels et technologiques, ainsi qu'un plan de développement progressif.

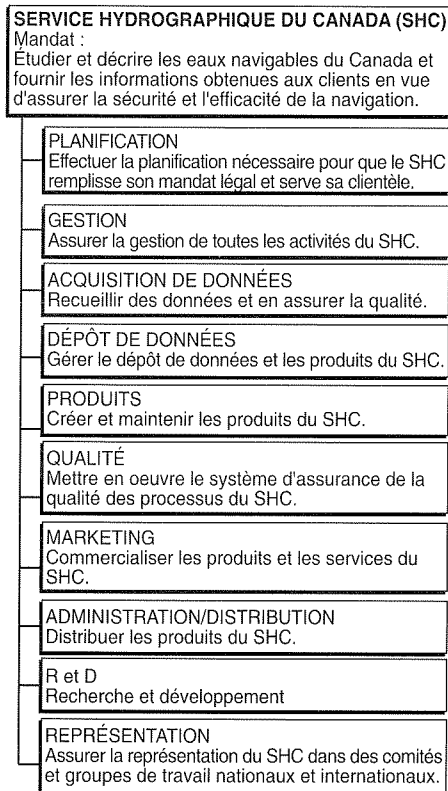


Figure 3 : Sommet de la hiérarchie fonctionnelle du SHC

L'équipe responsable de la base de données centrale du SHC a entrepris le stade de la stratégie en octobre 1994. À ce moment-là, on a produit une ébauche de diagramme E-R pour déterminer la portée du projet et identifier certaines des entités influant sur la base de données ponctuelles et de données linéaires. La figure 2 montre une des premières versions du diagramme E-R.

Les entrevues avec tous les cadres et les membres du personnel de supervision de la région de l'Atlantique, qui ont commencé en novembre 1994, ont permis d'établir une hiérarchie fonctionnelle de base. Celle-ci a ensuite servi de modèle pour les entrevues menées dans les quatre autres régions du SHC : Région du Québec (à Mont-Joli), Région du Centre et de l'Arctique (à Burlington, en Ontario), Administration centrale du SHC (à Ottawa) et Région du Pacifique (à Patricia Bay, en Colombie-Britannique). Les renseignements recueillis au cours des entrevues menées dans chaque région ont servi à établir la hiérarchie fonctionnelle propre à la région. Une fois les hiérarchies régionales établies, on les a soumises à l'examen des participants aux entrevues, qui y ont apporté des modifications et ont formulé des commentaires. Les changements nécessaires ont été apportés aux hiérarchies après l'examen qui a suivi.

L'équipe responsable de la base de données centrale du SHC a procédé à l'examen des hiérarchies régionales et établi une hiérarchie fonctionnelle d'ensemble, qui présente les activités générales du SHC. Cette hiérarchie, présentée dans la figure 3, a été approuvée par l'Hydrographe fédéral et soumise à l'approbation de toutes les régions. À la fin du stade de la stratégie, on produira un rapport exposant les tâches et les résultats visés.

### Stade de l'analyse

L'analyse consiste à fragmenter les activités en éléments fonctionnels détaillés en vue de produire un énoncé des besoins futurs. Les principaux résultats visés au stade de l'analyse sont : un diagramme E-R approuvé, une hiérarchie fonctionnelle approuvée de la démarche nécessaire, un exposé général des procédures manuelles, un état des contraintes propres à la base de données, une démarche approuvée pour les stades de la conception et de la création et un plan de développement révisé du système. Le stade de l'analyse est itératif en ce sens que, dès qu'une hiérarchie fonctionnelle est établie, elle fait évoluer la hiérarchie d'ensemble du SHC. La hiérarchie fonctionnelle d'ensemble élaborée au stade de la stratégie intégrera des niveaux inférieurs détaillés correspondant aux hiérarchies régionales



ainsi que les renseignements obtenus au cours d'entrevues menées auprès d'un échantillon élargi d'employés du SHC dans les cinq régions. Tant le diagramme E-R que la hiérarchie fonctionnelle seront examinés, élargis et approuvés par l'ensemble des régions avant le début du stade de la conception. Il faut s'assurer, au stade de l'analyse, que la hiérarchie fonctionnelle proposée ne déborde pas le cadre des ressources financières et humaines dont dispose le SHC et qu'elle lui permettra de continuer à remplir le mandat qui lui est conféré en vertu de la loi.

## Conclusion

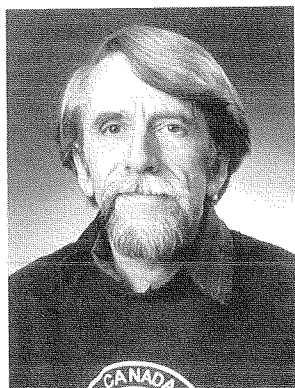
Après avoir terminé les stades de la stratégie et de l'analyse du cycle de vie du système d'activités propre à la méthodologie ORACLE, l'équipe responsable de la base de données centrale du SHC passera aux stades suivants jusqu'à ce qu'une base de données fonctionnelle et appropriée soit établie.

## Références

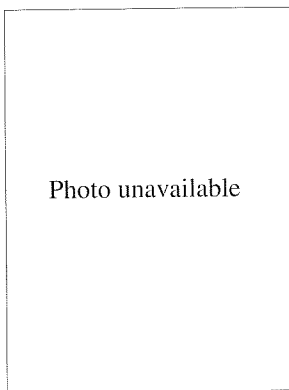
- BARKER, R. 1990. CASE\*Method tasks and deliverables. Addison-Wesley Publishing, Co., New York, N.Y. 186 p.
- EVANGELATOS, T. *et al.* 1994. Developing hydrographic applications using relational technology and multi-dimension codes. Department of Fisheries and Oceans. 4 p.
- VARMA, H.P. *et al.* 1989. Spatio/Temporal database implementation and functionality using HHCodes. Department of Fisheries and Oceans. 4 p.

# Prospection sismique et gisements de sulfures massifs

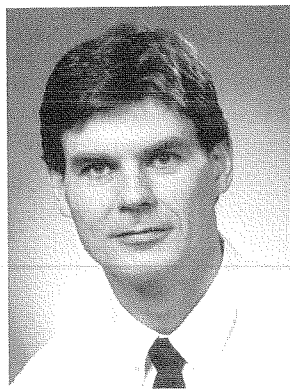
M. Salisbury, D. Eaton, W. Bleeker and B. Milkereit



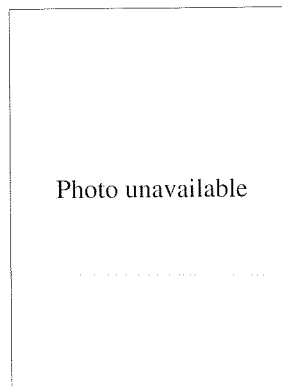
M. Salisbury



D. Eaton



W. Bleeker



B. Milkereit

## Résumé

D'après des mesures de laboratoire et des diagraphies de la densité et de la vitesse de l'onde de compression ( $V_p$ ) d'échantillons de minerais et de roches hôtes provenant de gisements de sulfures massifs, les sulfures présentent des impédances acoustiques significativement plus élevées aux fortes pressions que les roches hôtes mafiques ou felsiques. Il semblerait donc qu'il soit possible de déceler et de localiser avec précision les importants gisements de sulfures massifs grâce aux techniques de sismique réflexion à résolution élevée. Cette hypothèse a été confirmée lors d'essais sismiques récents au cours desquels un gisement de sulfures massifs a été découvert près du gigantesque site de Kidd Creek au moyen de techniques d'imagerie à balayage latéral.

## Introduction

L'industrie minière canadienne a longtemps utilisé les techniques de cartographie, de forage et de détermination des champs potentiels pour localiser les gisements peu profonds de métaux

communs; étant donné que les réserves nationales connues de cuivre (Cu) et de zinc (Zn) diminuent, on reconnaît de plus en plus la nécessité pour l'industrie d'utiliser de nouvelles techniques d'exploration en profondeur si celle-ci veut demeurer

Lithologie	n	Densité (g/cc)	$V_p$ (km/s)	Impédance acoustique
Basalte	6	2.91	6.68	19.4
Diorite/ Gabbro	3	2.99	6.83	20.4
Roches ultramafiques (talc)	3	2.92	6.06	17.7
Rhyolite	5	2.71	6.11	16.6
Argillite	3	2.75	6.02	16.6
Sulfures massifs	11	4.11	6.19	25.4
Vitesses de l'onde de compression ( $V_p$ ) à 200 MPa				

Tableau 1 : Propriétés acoustiques moyennes du Rhyolite Nord, à partir de données obtenues en laboratoire

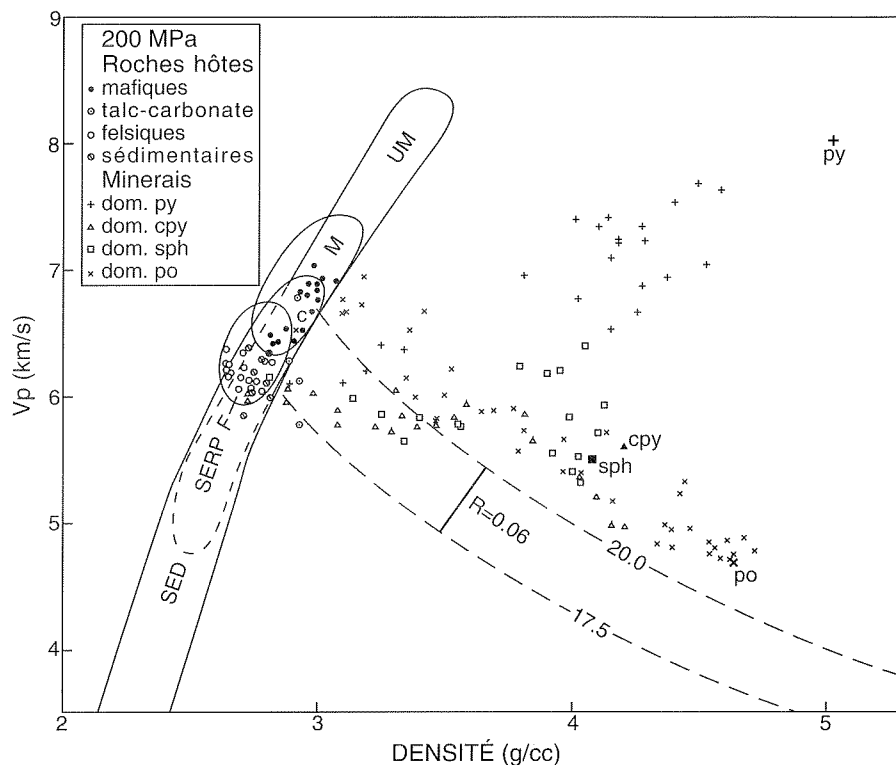


Figure 1 : Vitesses de l'onde de compression ( $V_p$ ) en fonction des densités pour les minerais de sulfure et les roches hôtes à une pression de confinement de 200 MPa. Les minerais sont codés en fonction du sulfure dominant : py, pyrite; cpy, chalcopryrite; sph, sphalérite; po, pyrrotine (et les membres extrêmes en caractère gras). Les sous-domaines le long de la courbe de Nafe-Drake : SED, sédiments, y compris les carbonates (c); SERP, serpentine; F, roches felsiques; M, roches mafiques; UM, roches ultramafiques. Sont présentées aussi les lignes d'impédance acoustique constantes pour les roches felsiques ( $Z=17,5$ ) et mafiques (20), ainsi que le coefficient de réflexion nécessaire à une réflexion marquée ( $R=0,06$ ).

concurrentielle à long terme. Une approche prometteuse consiste à appliquer aux gisements de métaux communs les techniques de réflexion sismique à résolution élevée utilisées pour l'exploration pétrolière, qu'il s'agisse de modifier pour tenir compte des roches dures. Au cours des trois dernières années, la Commission géologique du Canada, en collaboration avec l'INCO, la Noranda Mining et Exploration et la Falconbridge Ltd, a entrepris un important projet de recherche dirigée comportant des mesures des propriétés physiques dans des forages et en laboratoire, et des essais sismiques, des modélisations et des essais sur le terrain aux mines de Sudbury, de Bathurst, de Kidd Creek et de Matagami, afin de déterminer si les techniques sismiques permettraient de détecter directement les sulfures massifs. Les premiers résultats, présentés ici (les données de Kidd Creek sont données en exemple), donnent à penser que ce serait le cas.

### Conditions de détectabilité

En principe, un gisement de minerai est décelable par réflexion sismique dans les trois conditions suivantes :

**Condition 1)** L'impédance acoustique ( $Z$ ), ou le produit de la vitesse et de la densité du minerai, doit être suffisamment supérieur à celui de la roche hôte pour produire un coefficient de réflexion  $R > 0,06$ , où  $R$  est défini par la relation suivante :

$$R = \frac{Z_o - Z_h}{Z_o + Z_h}$$

et  $Z_o$  et  $Z_h$  sont respectivement l'impédance du minerai et celle de la roche hôte. Étant donné que les impédances des sulfures massifs n'ont jamais été examinées de façon systématique, nous avons mesuré les densités et les vitesses d'onde de compression ( $V_p$ ) d'un ensemble important d'échantillons de minerai et de roche hôte de composition connue provenant des mines de Sudbury, de Kidd Creek et de

Selbaie au moyen de la technique de transmission d'impulsions de Birch (1960) (pression de confinement de 600 MPa). Les résultats, pour une pression de référence normale de 200 MPa (fig. 1), montrent que les roches hôtes silicatées se retrouvent généralement dans les domaines mafiques (M) et felsiques (F) de la courbe de Nafe-Drake (Ludwig *et al.*, 1971), mais que les sulfures massifs sont situés très à droite dans un domaine de vitesse et de densité importantes contrôlé par les propriétés des termes extrêmes de la pyrite, de la pyrrotite, de la sphalérite et de la chalcopryrite (Salisbury *et al.*, sous presse). Un examen attentif des données montre que le domaine des sulfures peut être divisé en sous-domaines imbriqués (fig. 2) dans lesquels les propriétés acoustiques sont contrôlées par des lignes mixtes reliant les propriétés des matrices et des termes extrêmes. Ainsi, par exemple, la densité s'accroît de façon linéaire avec la teneur modale en pyrite des roches composées de pyrite et de gangue felsique et la  $V_p$  s'accroît suivant la fonction de moyenne temporelle de Wyllie *et al.* (1958).

Si l'on superpose des lignes d'impédance constante aux données sur la vitesse en fonction de la densité comme à la figure 1, on peut voir que les minerais de sulfure présentent des impédances acoustiques plus élevées que la plupart des roches hôtes courantes (felsiques et mafiques) et que le contraste d'impédance s'accroît rapidement avec la teneur en pyrite. En règle générale, un contraste de 2,3

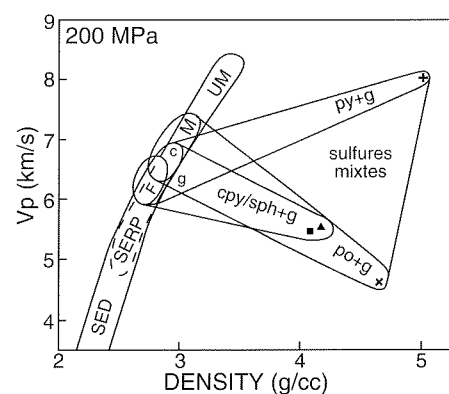


Figure 2 : Domaines de vitesse ( $V_p$ ) en fonction de la densité pour les minerais de sulfures communs et les roches hôtes silicatées; g, gangue; les autres abréviations sont expliquées à la figure 1.

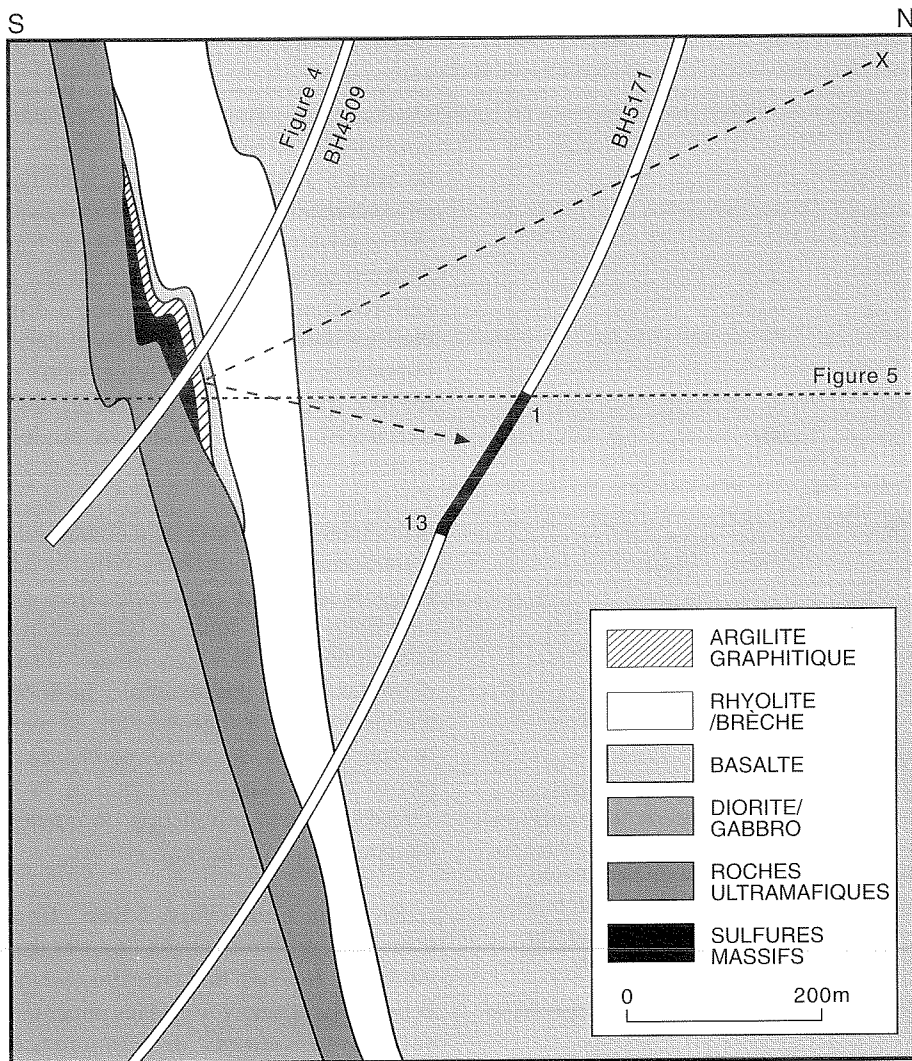


Figure 3 : Coupe nord-sud en travers du Rhyolite Nord montrant l'emplacement d'un gisement. Les diagraphies illustrées à la figure 4 ont été réalisées dans le forage VH 4509. L'essai sismique a été réalisé dans le forage BH 5171, le sismomètre occupant 13 stations juste sous le plan horizontal à 350 m illustré à la figure 5; les tirs ont été envoyés le long d'un arc est-ouest qui croise la coupe en X.

(contraste entre les roches mafiques et felsiques) est suffisant pour produire une forte réflexion ( $R=0,06$ ). Les sulfures massifs, quelle que soit donc leur composition, devraient constituer des réflecteurs intenses à brillants dans un milieu felsique, et les sulfures comportant un mélange de pyrite devraient l'être aussi que ce soit dans des roches felsiques ou des roches mafiques.

Condition 2) Le gisement minéralisé doit être suffisamment important pour pouvoir être décelé au moyen de méthodes sismiques. Dans des conditions idéales, un massif d'une longueur d'onde de diamètre peut être décelé sous forme de source ponctuelle ou de diffuseur (Berryhill, 1977)

mais, en réalité, le gisement le plus petit qui puisse être décelé sous forme de corps planaire pour une profondeur donnée,  $z$ , doit avoir un diamètre minimum,  $d$ , égal à celui de la première zone de Fresnel, soit

$$d=(2zv/f)^{1/2}$$

où  $v$  est la vitesse moyenne dans la formation et  $f$  la fréquence dominante (Yilmaz, 1987). De même, le corps doit avoir au moins  $1/4$  de longueur d'onde d'épaisseur pour qu'on puisse en déterminer l'épaisseur (Widess, 1973). Si l'on pose une vitesse dans la formation de 6 km/s, un corps de 60 m de largeur et de 15 m d'épaisseur pourrait être décelable sous forme de source

ponctuelle à une profondeur de 1 km pour une fréquence sismique de 100 Hz; dans les mêmes conditions, un corps de 350 m de largeur pourrait constituer un réflecteur planaire.

Condition 3) Finalement, la géométrie du corps doit être telle que l'énergie réfléchie retourne aux récepteurs. Ainsi, tandis que les corps peu inclinés réfléchissent l'énergie vers la surface, les gisements très inclinés réfléchissent une large part de l'énergie vers le bas (Milkereit *et al.*, sous presse). En pratique, si l'inclinaison est supérieure à  $60^\circ$ , la meilleure stratégie de détection consiste à utiliser des techniques sismiques dans les trous de forage où les récepteurs sont placés sous le point de réflexion (Eaton *et al.*, sous presse).

En résumé, il est clair que, même si les gisements de sulfures massifs peuvent souvent être détectés au moyen des techniques de réflexion dans les roches dures, ils constitueront souvent de petits réflecteurs brillants à inclinaison abrupt plutôt que des réflecteurs peu inclinés et continus, comme ceux que connaît l'industrie du pétrole. La détection de ces gisements nécessitera donc souvent le calcul novateur de géométries diverses, un traitement informatique particulièrement et une compréhension approfondie des propriétés acoustiques du gisement.

### Essais sur le terrain à Kidd Creek

La Commission géologique du Canada a effectué récemment des essais convaincants à plusieurs mines au Canada, notamment à l'immense gisement de cuivre et de zinc de Kidd Creek, près de Timmins en Ontario. Les essais ont comporté des mesures en laboratoire de densité et de vitesse pour une grosse série d'échantillons représentant les principales lithologies observées. Ces mesures ont été suivies de diagraphies et d'essais sismiques dans des forages pratiqués à proximité d'un gisement à inclinaison abrupt dans le Rhyolite Nord, dont le pourtour avait été délimité mais qui n'avait jamais été exploité (fig. 3). Les résultats des essais en laboratoire, présentés sommairement au tableau 1 pour les lithologies observées là où un essai sismique a été effectué, montrent qu'il existe d'importants contrastes d'impédances en-

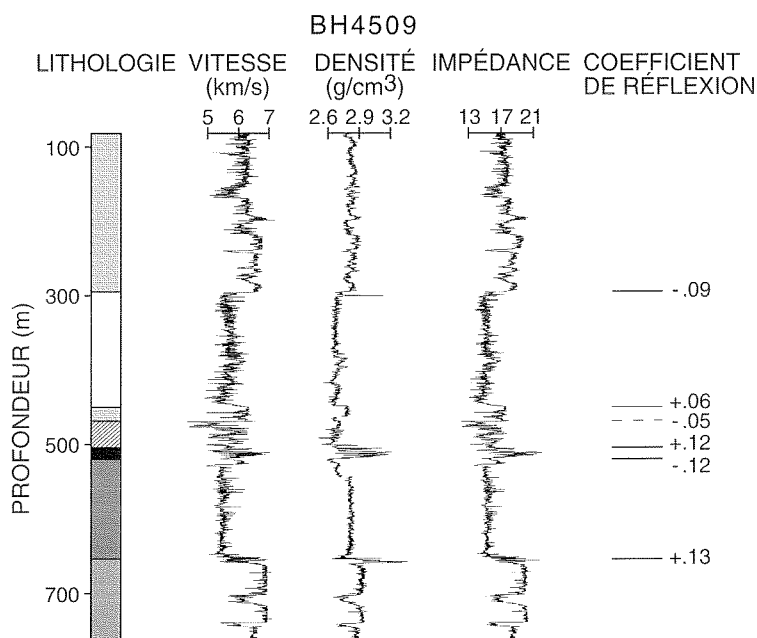


Figure 4 : Diagraphies de la densité et de la vitesse des ondes de compression en fonction de la profondeur et de la lithologie dans le trou de forage BH 4509 (les lithologies sont les mêmes que pour la figure 3). Sont aussi montrés les coefficients de réflexion et les enregistrements d'impédance calculés aux contacts lithologiques clés.

tre les lithologies des roches felsiques et celles des roches mafiques, et entre les lithologies des sulfures et celles de toutes les roches hôtes. Il est intéressant de noter que les roches ultramafiques se comportent à cet endroit comme des roches felsiques parce qu'elles ont été transformées en talc qui présente les coefficients de réflexion pour toutes les paires possibles des litholo-

gies présentées, au moyen de l'équation 1 et des impédances présentées au tableau 1, il apparaît qu'on doit s'attendre à de fortes réflexions entre les unités mafiques et les unités felsiques, entre les roches ultramafiques et les diorites ou le gabbro et entre les sulfures et toutes les autres lithologies présentes dans la région (tableau 2).

Même si les résultats obtenus en laboratoire semblent indiquer que les minerais se comporteraient en réflecteurs intenses, il est important, avant d'effectuer des essais sismiques sur le terrain, de déterminer si les contrastes d'impédance calculés en laboratoire correspondent aux données *in situ* et si ces contrastes persistent à l'échelle utilisée lors de l'étude sismique. À cette fin, on a installé des dispositifs de mesure de la densité et de la vitesse des ondes de compression dans un trou de sondage de 840 m de profondeur (BH 4509 à la fig. 3) qui croise toutes les principales lithologies du Rhyolite Nord; une diagraphie de l'impédance a été calculée à partir des données ainsi obtenues. Ces résultats, ainsi que les coefficients de réflexion calculés à partir des impédances pour des contacts lithologiques clés, sont présentés à la figure 4. Ils montrent que les contrastes d'impédance mesurés en laboratoire correspondent aux valeurs obtenues *in situ* une fois les corrections faites pour tenir compte des différences de pression; ces contrastes persistent aux échelles de la formation.

Finalement, un essai sismique *in situ* a été effectué afin de déterminer s'il était possible d'obtenir directement des images du gisement de Rhyolite Nord. Étant donné que le gisement a une inclinaison abrupte (fig. 3), l'essai a été réalisé au moyen d'un profilage sismique vertical modifié à montage tir/réception au cours duquel le sismomètre a été placé dans un forage profond (BH 5171) à peu près parallèle au trou foré, mais sous celui-ci, permettant ainsi aux récepteurs de déceler l'énergie des tirs de surface qui serait réfléchié par le gisement. Dans un profilage plus classique, soit un plan vertical passant par le point de tir, on obtiendrait une image de forage et du gisement en envoyant l'énergie toujours du même point de tir (X) tout en faisant remonter le sismomètre par étapes du fond du trou jusqu'à la surface. Pour l'expérience que nous avons réalisée, nous avons toutefois obtenu des images d'un plan horizontal situé à quelque 350 m sous la surface en limitant les positions du récepteur à 13 niveaux entre 477 et 642 m dans le trou de forage; nous avons tiré à chaque niveau à partir de 83 trous de sondage peu profonds situés dans un arc est-ouest au nord du trou de sonde principale (fig. 5a).

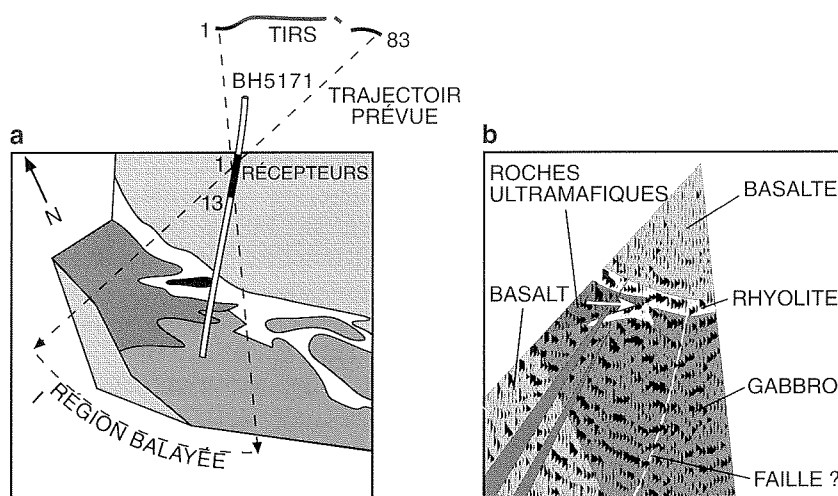


Figure 5 : a) Géologie à 350 m de profondeur dans le Rhyolite Nord pour une période de 1 x 1 km cartographiée dans le cadre de l'étude sismique dans le trou de forage. La coupe verticale de la figure 3 est à peu près parallèle à la projection en surface du trou BH 5171. Les symboles utilisés sont les mêmes qu'à la figure 3. b) Image sismique correspondante montrant des réflexions marquées aux contacts basalte/rhyolite et rhyolite/gabbro. Les flèches blanches correspondent à l'emplacement de la réflexion des sulfures.

	Basalte	Diorite/ Gabbro	Roches ultra-mafiques	Rhyolite	Argilite	Sulfures
Sulfures	.13	.11	.18	.21	.21	---
Argilite	.08	.10	.03	.00	---	
Rhyolite	.08	.10	.03	---		
Roches ultra-mafiques	.05	.07	---			
Diorite/Gabbro	.03	---				
Basalte	---					

Les coefficients de réflexion ont été calculés à partir des impédances données au tableau 1. Des coefficients 0,06 (en gras) devraient entraîner des réflexions marquées.

Tableau 2 : Coefficients de réflexion entre les lithologies du Rhyolite Nord en fonction des données de laboratoire

Ainsi, les points de réflexion ont été limités de façon efficace au niveau de 350 m, ce niveau ayant été balayé acoustiquement dans un plan horizontal au moyen des récepteurs agissant comme point fixe. Les données résultantes, obtenues par balayage latéral, ont été traitées au moyen de techniques relativement classiques de profilage sismique vertical (Hardage, 1985) et transformées en coordonnées géométriques (fig. 5b), en vue d'une comparaison avec les caractéristiques géologiques déterminées au niveau de 350 m par forage (fig. 5a). On constatera que les résultats correspondent aux prédictions des études de laboratoire, des diagraphies et des données géologiques connues. On observera notamment que les contacts basalte/rhyolite et rhyolite/gabbro constituent des réflecteurs intenses et que la réflexion la plus marquée dans le registre sismique (montrée par la flèche blanche) correspond au gisement de sulfures massifs.

### Conclusions

D'après les résultats présentés ci-haut, il est clair que les gisements de sulfures massifs peuvent être repérés directement par imagerie au moyen des techniques de réflexion sismique à grande résolution si les contrastes de l'impédance du minerai et de l'impédance de la roche hôte sont suffisamment importants et si le gisement répond aux contraintes géométriques de la détection. Étant donné que les importants

gisements de sulfures massifs respectent généralement ces contraintes, nous en concluons que la réflexion sismique peut être utilisée comme outil d'exploration en profondeur pour les gisements de métaux communs dans les roches dures.

### Remerciements

Nous tenons à remercier Ray Band et Dean Crick de la Falconbridge Ltd., Gordon Morrison et Eberhard Berrer de l'INCO et Laurie Reid des Mines Selbaie de nous avoir fourni les échantillons. Robert Iulucci du High Pressure Laboratory de l'Université de Dalhousie a effectué les mesures de vitesse en laboratoire, et Karen Pflug et Jonathan Mwenifumbo de la Division des ressources minérales de la Commission géologique du Canada nous ont fourni les diagraphies. Les études de laboratoire et de terrain ont été financées par la Falconbridge, l'INCO et la Commission géologique du Canada dans le cadre du Programme des partenaires industriels de la CGC.

### Références

BERRYHILL, J.R. 1977. Diffraction response for non-zero separation of source and receiver. *Geophys.* 42: 1158-1176.  
 BIRCH, F. 1960. The velocity of compressional waves in rocks to 10 kilobars, I. *J. Geophys. Res.* 65: 1083-1102.  
 EATON, D., D. CRICK, S. GUEST, B. MILKEREIT, D. SCHMITT, M. SALISBURY, and W. BLEEKER. In press.

Seismic imaging of massive sulfide deposits, Part III: Borehole seismic imaging of near-vertical structures. *Econ. Geol.*

HARDAGE, R.A. 1985. Vertical seismic profiling, Part A: Principles. Geophysical Press. London. 509 p.

LUDWIG, J., J. NAFE, and C. DRAKE. 1971. Seismic refraction, p. 53-84. In A.E. Maxwell (ed.) *The Sea: 4*. Wiley, New York, NY.

MILKEREIT, B., D. EATON, J. WU, G. PERRON, and M. SALISBURY. In press. Seismic imaging of massive sulfide deposits, Part II: Reflection seismic profiling. *Econ. Geol.*

SALISBURY, M., B. MILKEREIT, and W. BLEEKER. In press. Seismic imaging of massive sulfide deposits, Part I: Rock properties. *Econ. Geol.*

WIDESS, M. 1973. How thin is a thin bed? *Geophys.* 38: 1176-1180.

WYLLIE, M., A. GREGORY, and G. GARDINER. 1978. An experimental investigation of factors affecting elastic wave velocities in porous media. *Geophys.* 23: 459-493.

YILMAZ, O. 1987. Seismic data processing. Series: Investigations in geophysics. Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, OK. 516 p.

# Recherche sur le bar rayé et l'anguille d'Amérique

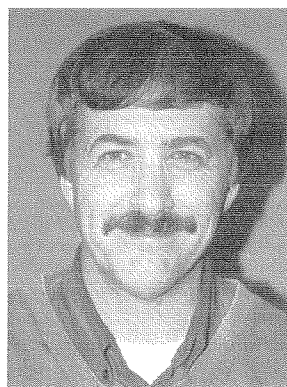
R. H. Peterson, D. J. Martin-Robichaud and P. Harmon



R. H. Peterson



D. J. Martin-Robichaud



P. Harmon

## Contexte

La réussite rapide de la salmoniculture en cage (qui représente maintenant 100 à 150 millions de dollars par an) dans la baie de Fundy a suscité de l'intérêt pour l'élevage d'autres espèces possédant une grande valeur économique. C'est ainsi qu'a commencé il y a environ sept ans la recherche sur l'élevage de nouvelles espèces. En 1991, un groupe de travail du MPO a identifié quatre espèces - flétan, aiglefin, bar rayé et anguille - présentant un potentiel aquacole. Une autre espèce, la plie rouge, s'est depuis révélée une bonne candidate pour l'aquaculture.

L'intérêt pour l'élevage du bar rayé est apparu au moment du déclin de la pêche du bar rayé sauvage sur la côte est des États-Unis, au milieu des années 80; ce déclin coïncidait avec les résultats obtenus par des chercheurs américains qui avaient réussi à induire la ponte de géniteurs en captivité. Depuis six ou sept ans, la production de bars rayés d'élevage (il s'agit en fait d'hybrides de bars rayés et de bars blancs) a atteint un volume annuel d'environ 500 tonnes métriques (tm). Cette production, qui se partage presque également entre la culture en étangs et l'élevage en systèmes fermés à recirculation, ne représente qu'environ 0,1 % de la production de la pêche des bars sauvages d'autrefois (Jessop, 1991).

À l'heure actuelle, il n'existe qu'une population de bar rayé qui se reproduit avec succès dans la baie de Fundy, celle qui occupe le réseau Stewiacke-Shubenacadie en Nouvelle-Écosse. L'état reproducteur des anciennes populations des réseaux du Saint-Jean et de l'Annapolis est incertain. On connaît mal la structure des populations du détroit de Northumberland. Le recrutement est bon dans l'estuaire de la Miramichi et, peut-être, dans certains des petits cours d'eau adjacents.

## Cheptel reproducteur

Le succès de la recherche sur une espèce aquacole exige l'établissement d'un bon cheptel reproducteur qui servira de source d'oeufs et de juvéniles. Nous avons obtenu nos premiers reproducteurs (trois femelles et deux mâles) (fig. 1) au printemps 1988 dans les filets maillants dérivants de la pêcherie de la Stewiacke. C'est la progéniture de ces cinq poissons qui nous a servi pour presque toutes nos recherches sur les premiers stades du développement. Nous les avons fait reproduire chaque année depuis 1991. Leur croissance pendant les quatre premières années de captivité (fig. 2) était en moyenne de 0,5 kg par an pour les femelles et environ la moitié pour les mâles.

Pour réussir la reproduction provoquée du bar rayé, il est nécessaire de choisir avec précision le moment de l'injection de gonadolibérine chez les géniteurs. Cela permet d'obtenir la ponte dans le vivier, où sont alors recueillis les oeufs. Ces oeufs éclosent en deux jours à environ 16 °C, et la résorption de la vésicule vitelline ne

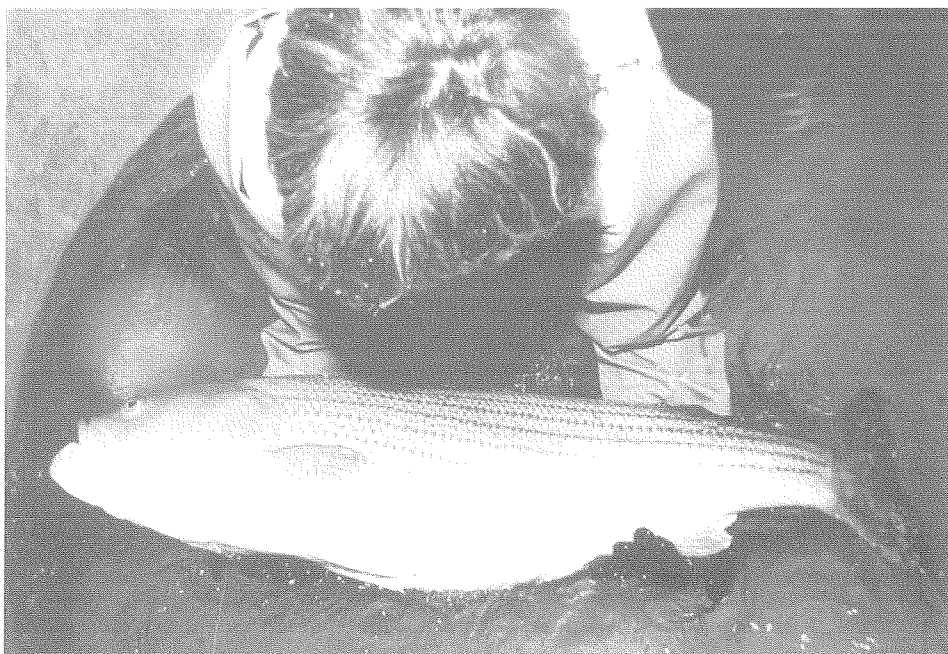


Figure 1 : Bar rayé reproducteur

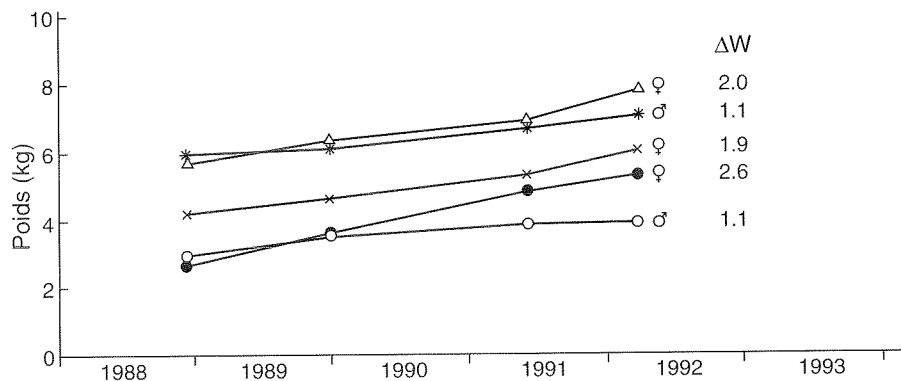


Figure 2 : Évolution du poids chez cinq bars rayés reproducteurs, 1988-1992. Chaque symbole représente un poisson.  $D_w$  = prise de poids entre 1988 et 1992.

prend que 5 à 7 jours de plus. On nourrit tout d'abord les larves avec des artémias vivantes, après quoi on peut les sevrer et les faire passer à des aliments artificiels.

### Premiers stades du développement

Nos travaux ont porté sur trois aspects : début du développement, croissance des juvéniles et performance en milieu aquacole. Le gonflement de la vessie natatoire pendant la période de résorption de la vésicule vitelline joue un rôle crucial dans la production de juvéniles viables, mais constitue un problème récurrent pour tous ceux qui élèvent cette espèce. Certaines années, le taux de réussite du gonflement n'a été que de 10 %. Nous avons étudié les conditions environnementales optimales pour le succès du début du développement

(Peterson *et al.*, 1996a). Nous avons récemment découvert que l'intensité de la lumière et la couleur de l'intérieur des bassins influent sur le pourcentage de larves chez lesquelles le gonflement de la vessie natatoire est réussi (tableau 1). Les larves élevées dans des bassins à revêtement intérieur noir présentaient des taux de succès de 70-80 %, contre 40-50 % pour les larves élevées dans des bassins à parois blanches. Nous pensons que la couleur blanche a un effet négatif sur le comportement des larves, qui semblent s'orienter de façon étrange par rapport aux murs, se tiennent la queue en bas et nagent contre les parois. Une faible intensité de l'éclairage par le haut semble aussi donner un taux de gonflement de la vessie natatoire légèrement meilleur. Le raccourcissement de la photopériode (8 heures de lumière, 16 heures d'obscurité)

a aussi permis d'obtenir des pourcentages plus élevés de larves à gonflement réussi que l'exposition à une photopériode plus longue (16 heures de lumière, 8 heures d'obscurité). Dans certaines expériences antérieures, il n'y a pas eu de gonflement de la vessie natatoire chez les larves élevées sous éclairage continu. Les périodes d'obscurité semblent donc faciliter le développement de la vessie natatoire. Les larves élevées dans des bassins sombres et avec des photopériodes courtes étaient de plus grande taille 12 jours après l'éclosion. Il se peut que l'obscurité rende plus efficace la capture des proies, de sorte que les larves sont plus grosses et plus vigoureuses et que leur vessie natatoire se gonfle plus facilement. Il est possible aussi que, au contraire, ce soit la réussite du gonflement de la vessie natatoire qui permette aux larves de mieux se nourrir et se développer. Bon nombre de ces incertitudes pourraient être levées grâce à des observations sérieuses du comportement des larves en fonction de la couleur des bassins et de l'intensité de l'éclairage.

### Croissance des juvéniles

Dans nos travaux sur la croissance des juvéniles, nous avons tenté de déterminer la réaction à diverses températures et salinités sur le plan du développement (Harmon et Peterson, 1994), et les rations qu'il faudrait administrer aux poissons à diverses tailles et dans diverses conditions environnementales. C'est à des températures dépassant 25 °C que le bar rayé se développe le mieux. Le taux de croissance spécifique peut dépasser 4-5 % du poids corporel par jour dans de telles conditions pour les poissons pesant de 1 à 50 g. Entre 15 °C et 17 °C, on obtient des taux de croissance de 1-2 % par jour. Le taux de croissance est aussi plus élevé à des salinités de 12-30 ‰ qu'à des salinités plus faibles (fig. 3). À température élevée, il faut administrer des rations extrêmement grosses pour empêcher le cannibalisme. Nous administrons des rations de 30 % du poids corporel par jour jusqu'à une taille de 20 g, après quoi les rations peuvent être abaissées à 10 % par jour. Dans le cas des saumons de taille semblable, à des températures de 17-20 °C, les rations sont de 1,5-5 % du poids corporel par jour.

	Couleur du bassin			
	Sombre		Claire	
Intensité	Faible	Forte	Faible	Forte
Gonflement	80-85	68-72	45-50	40-45
LS (12 jpé)	8.3	8.6	7.3	7.2
	Photopériode			
	16L:8D	8L:16D		
	% gonflement	20-40	55-65	
LS (12 jpé)	7.5	8.0		

Tableau 1 : Influence de la couleur du bassin et de la photopériode sur le gonflement de la vessie natatoire (%) et la croissance (mm) chez les larves de bar rayé. LS = longueur standard (12 jours post-éclosion); L = période de lumière; O = période d'obscurité.

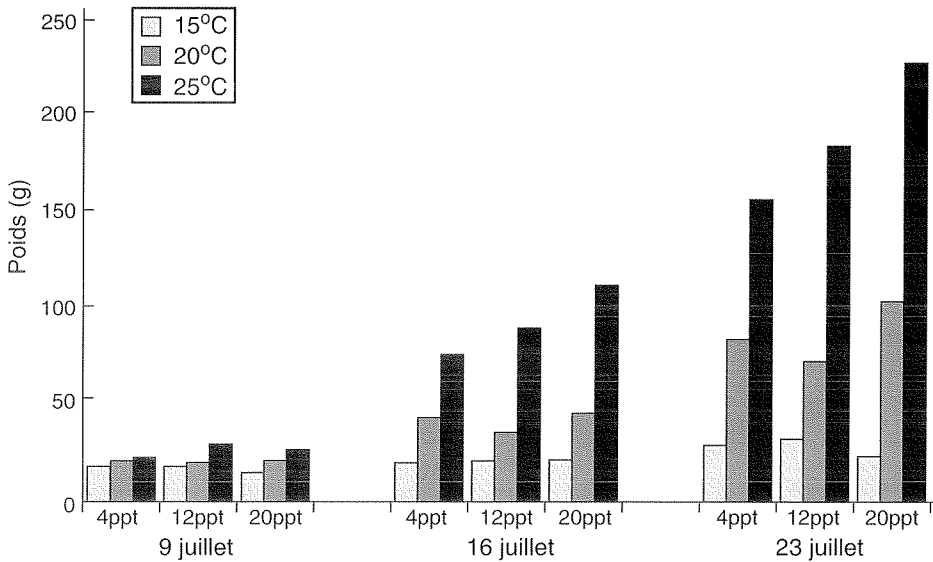


Figure 3 : Croissance de bars rayés juvéniles dans 9 combinaisons température-salinité. Prise de poids sur 2 mois. Dans tous les cas, les poissons pesaient environ 1 g au départ. Chaque barre représente la moyenne de 100 poissons.

**Stratégies d’aquaculture**

Nos études sur la croissance du bar rayé dans les installations aquacoles visent à trouver les méthodes optimales d’élevage de cette espèce et à déterminer la faisabilité de son aquaculture commerciale dans les Maritimes. Étant donné que le bar rayé est adapté à des températures plus élevées que le saumon atlantique, il est nécessaire d’établir une stratégie un peu différente pour sa culture commerciale. Trois stratégies sont possibles : élevage en cages dans les régions où la température

superficielle de l’eau est plus élevée en été; élevage en étangs; élevage en systèmes à recirculation. Nous avons travaillé sur la deuxième option, l’élevage en étangs. L’élevage du bar rayé dans les étangs littoraux d’eau salée ou saumâtre est probablement la façon la plus facile et la moins coûteuse d’élever cette espèce. Il est aussi possible d’utiliser des étangs d’eau douce d’une dureté suffisante (plus de 150 mg/L), mais la croissance du poisson est moins rapide en eau douce qu’en eau salée.

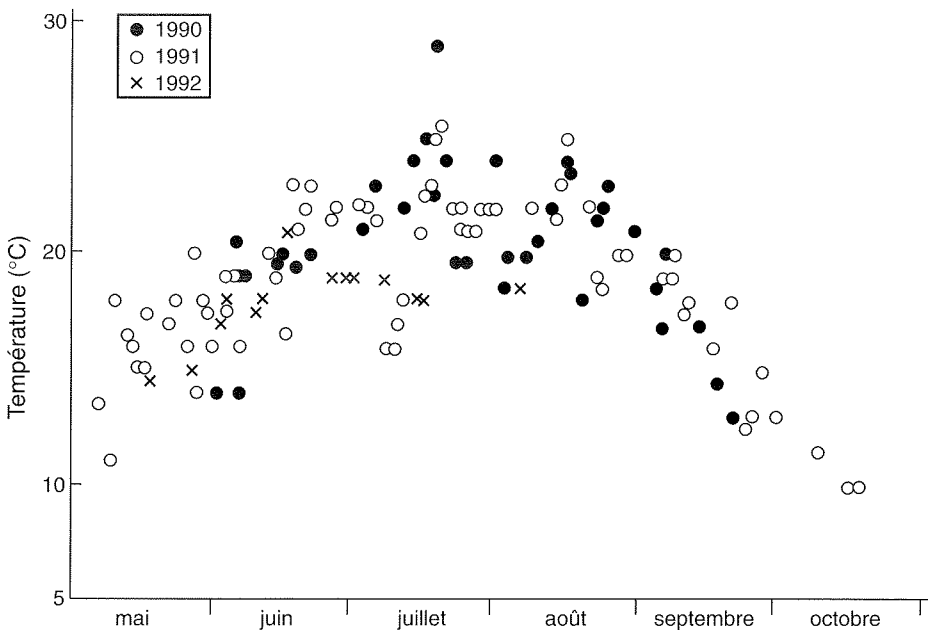


Figure 4 : Températures enregistrées dans les étangs expérimentaux à la Station de biologie de St. Andrews pendant trois étés.

Dans les étangs de 1-2 m de profondeur des Maritimes, on observe généralement des températures de plus de 20 °C pendant trois mois de l’année (fig. 4), période où on peut compter sur une croissance rapide. On observe aussi généralement une certaine croissance en mai, en septembre et en octobre. Le bar rayé pond normalement au début de juin, et nous jugeons nécessaire d’amener les juvéniles à un poids de 40-50 g à la fin du premier été pour disposer d’un poisson de taille commerciale (environ 600 g) à la fin du deuxième été. L’élevage du bar rayé sera profitable si on peut produire un poisson de taille commerciale en 18 mois. L’établissement privé qui s’occupe actuellement d’élevage du bar rayé produit des juvéniles pesant en moyenne 30 g à la fin du premier été, parmi lesquels seuls les plus gros individus atteignent 50 g. Cet établissement a transféré une partie de ses juvéniles à un système de recirculation dans une serre pour une période supplémentaire de croissance de deux mois (principalement octobre et avril). Les propriétaires ont commercialisé l’été dernier les premiers bars rayés élevés dans les Maritimes (environ 500 poissons); il s’agissait d’un mélange de poissons de deux étés et de trois étés.

Dans la croissance en étang, l’un des problèmes est la mise au point d’une stratégie optimale d’alimentation. D’après certaines observations courantes, il semble que le bar rayé se nourrisse la nuit, et il est possible que l’on puisse accélérer sa croissance en ajoutant des nourrissages la nuit. Nous nous proposons d’étudier au cours de nos expériences de l’année prochaine le recours à l’alimentation nocturne pour augmenter la croissance.

Un manuel d’élevage du bar rayé a été préparé (Peterson *et al.*, 1996b).

**Élevage de l’anguille**

L’élevage de l’anguille (fig. 5), à la différence de celui de la plupart des espèces aquacoles, est totalement tributaire des civelles sauvages qui servent de cheptel de départ. L’anguilliculture doit donc être intégrée à la gestion des pêches des anguilles sauvages dans les Maritimes. Ce poisson est actuellement exploité de trois façons : pêche et vente des grosses anguilles aux marchés étrangers; pêche et vente des





Figure 5 : Anguille sur la planche à mesurer.

civelles - soit pour l'anguilliculture à l'étranger soit pour la table; élevage jusqu'à diverses tailles pour la vente soit comme cheptel de départ à l'étranger soit directement comme anguilles de taille commerciale. Il existe à l'heure actuelle une anguilliculture au Nouveau-Brunswick, et une deuxième devait entrer en activité au printemps 1996 en Nouvelle-Écosse.

La recherche que nous menons sur les anguilles, en collaboration avec D<sup>r</sup> Tillmann Benfey, de l'Université du Nouveau-Brunswick (Fredericton), vise un problème fondamental de l'anguilliculture : pourquoi 90 % des anguilles d'élevage deviennent-elles des mâles? Ce problème a des incidences commerciales du fait que les mâles cessent de grandir lorsqu'ils atteignent un poids d'environ 150 g, au début de la maturation sexuelle. Par contre, les femelles atteignent un poids de 500-1

000 g avant de commencer la maturation. Certains marchés (l'Allemagne par exemple) n'acceptent que les femelles de grande taille.

Contrairement à ce qui se passe dans les anguillicultures, la plupart des anguilles sauvages des Maritimes deviennent des femelles. Nous avons formulé une hypothèse pour expliquer la différence du rapport des sexes entre les anguilles sauvages et d'élevage; nous pensons que les anguilles sauvages connaissent une période d'exposition au froid après le premier été de croissance. Il est possible que cette période de basse température, où les anguilles cessent de s'alimenter, suscite l'apparition d'un fort pourcentage de femelles. On sait que la température a un effet sur le rapport des sexes chez certains reptiles et poissons. Nous avons donc mis au point deux traitements thermiques au

printemps 1994. Dans le premier, les anguilles étaient maintenues à une température élevée (23-25 °C) de façon continue jusqu'à ce qu'elles atteignent une taille suffisante pour le sexage (environ 30 cm). Il est nécessaire d'utiliser des méthodes histologiques pour déterminer le sexe. Dans l'autre traitement, les anguilles ont été exposées à une température de 5 °C pendant trois mois (décembre-février), après une période de croissance à 23-25 °C de juin à la fin de novembre, puis elles sont ramenées à 24 °C et élevées jusqu'à une taille où on peut pratiquer le sexage. Les taux de croissance des anguilles sont extrêmement variables.

Nous avons déterminé le sexe de 38 anguilles : 15 après traitement par le froid, 23 après exposition à une température élevée continue (tableau 2). Les résultats indiquent que nous avons encore du chemin à faire avant de savoir produire des anguilles femelles. Bien que les deux seules femelles identifiées aient été du groupe soumis au traitement par le froid, le pourcentage obtenu (<10 %) n'est pas encourageant. Plusieurs facteurs peuvent toutefois mettre en doute la fiabilité de ces résultats. Comme nous l'avons dit plus haut, les taux de croissance des anguilles sont extrêmement variables. De plus, les anguilles sont cannibales, et nous ne disposons pas de bassins assez grands pour séparer les petites anguilles des grosses; un grand nombre d'anguilles ont donc été victimes de cannibalisme. Plusieurs des anguilles disséquées pour l'analyse histologique avaient des anguilles plus petites dans l'estomac. Cette élimination différentielle des anguilles à croissance lente peut avoir biaisé nos observations sur le rapport des sexes.

Les gonades d'anguille semblent être d'abord des testicules; elles produisent des ovocytes par la suite, le phénomène se développant de la zone antérieure vers la zone postérieure. Trois ou quatre des testicules examinés présentaient certaines cellules ressemblant à des ovocytes, et il est donc possible que ces anguilles aient pu par la suite devenir des femelles.

L'avenir de nos travaux est incertain, à cause de la faiblesse de financement dont nous disposons. D<sup>r</sup> Benfey espère continuer

Traitement	Nombre d'anguilles examinées	Nombre de femelles	Nombre de mâles	Sexe incertain
Sans froid	15	0	14	1
Avec froid	23	2	18	2

Tableau 2 : Sexage des anguilles obtenu par analyse histologique. Sans froid : anguilles maintenues à une température constante de 23 °C. Avec froid : anguilles soumises à une température de 4-5 °C pendant 3 mois après le premier été de croissance. Les anguilles doivent atteindre la taille de 30 cm pour qu'on puisse déterminer leur sexe.

à administrer des oestrogènes à des anguilles de différentes tailles pour déterminer à quelle taille le sexe se fixe, c'est-à-dire ne peut plus être modifié par exposition aux oestrogènes. Une autre approche utile consisterait à prélever des anguilles sauvages de diverses tailles et à les élever jusqu'à l'âge de différenciation des sexes pour voir à quelle taille le sexe se fixe dans les populations sauvages.

### Références

HARMON, P. and R. PETERSON. 1994. The affect of temperature and salinity on the growth of striped bass (*Morone*

*saxatilis*). Bull. Aquacult. Assoc. Can. 94-2: 45-47.

JESSOP, B.M. 1991. The history of striped bass fishery in the Bay of Fundy, p. 13-20. In R.H. Peterson (ed.) Proceedings of a workshop on biology and culture of striped bass (*Morone saxatilis*). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1832.

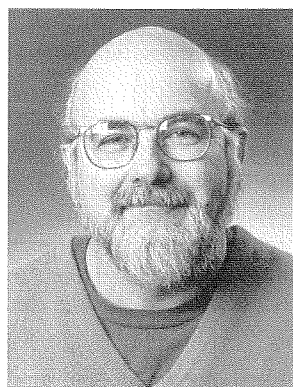
PETERSON, R.H., D.J. MARTIN-ROBICHAUD, and A. BERGE. 1996a. The influence of temperature and salinity on length and yolk utilization of striped bass (*Morone saxatilis*) larvae. Aquacult. Int. 3: 1-15.

PETERSON, R.H., D.J. MARTIN-

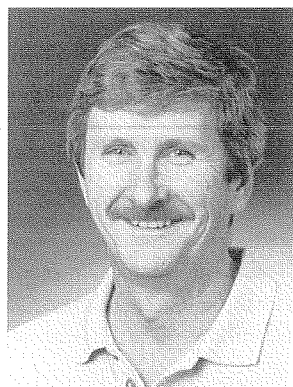
ROBICHAUD, P. HARMON and A. BERGE. 1996b. Notes on striped bass culture, with reference to the Maritime Provinces. Dept. Fish. Oceans, Communications Br., P.O. Box 550, Halifax, N.S. (distribué par la Station de biologie de St. Andrews).

## La cogestion des plantes marines dans la région de l'Atlantique

G. Sharp, R. Semple and D. Jones



G. Sharp



R. Semple



D. Jones

### Contexte

La récolte des plantes marines fait aujourd'hui partie intégrante de la pêche côtière dans la région de l'Atlantique. Cette industrie, née peu après la Deuxième Guerre mondiale, est devenue vers le début des années 60 une activité économique importante. Les espèces commerciales de ces végétaux vivent fixées aux rochers et affichent une répartition littorale et infralittorale bien définie. La gestion de ces espèces est variable : certaines peuvent être récoltées librement, tandis que d'autres font l'objet d'une récolte annuelle strictement réglementée (Pringle, 1981). La technologie utilisée varie également, allant

d'un simple outillage manuel à une machinerie des plus perfectionnée (Sharp *et al.*, 1994). Malgré certaines caractéristiques plutôt artisanales, l'industrie est une des premières pêcheries du Canada atlantique à s'être doter d'ententes de cogestion. Nous discuterons, comme exemples, deux ententes récentes dont les structures et les objectifs sont très différents : l'entente sur la récolte du *Furcellaria lumbricalis* à l'Île-du-Prince-Édouard et l'entente sur la récolte de *Ascophyllum nodosum* (ascophylle noueuse) dans le sud du Nouveau-Brunswick.

### Cogestion instaurée par les exploitants eux-mêmes

Les récolteurs du *Chondrus crispus* (mousse d'Irlande) de l'Île-du-Prince-Édouard avaient remarqué que l'abondance croissante du *Furcellaria* dans les bancs d'algues commerciaux commençait à menacer gravement la durabilité de leur industrie. Ainsi, dans les bancs de la région de Pleasant View (fig. 1), le *Furcellaria*, qui était présent dans moins de 5 % des échantillons lors des relevés de 1978 à 1980, a été observée dans 67,3 % des échantillons lors du relevé de 1991 (dans 41,3 % de ces cas, le couvert de *Furcellaria* était supérieur à 20 %) (Sharp *et al.*, 1993). Or, lorsque la proportion relative de *Furcellaria* et de *Chondrus* est supérieure à 1 pour 20, le produit n'est pas commercialisable. Bien que ces deux espèces soient étroitement associées et aient des tailles et des morphologies semblables (fig. 2), leurs cycles de reproduction et leurs mécanismes de recrutement végétatif présentent des différences appréciables. Par rapport au *Chondrus*, le *Furcellaria* est plus facilement détaché par les vagues ou par les râteaux traînants. De plus, les frondes pleinement développées de *Furcellaria* peuvent se fixer à nouveau lorsqu'elles sont détachées, grâce à leur crampon formé de

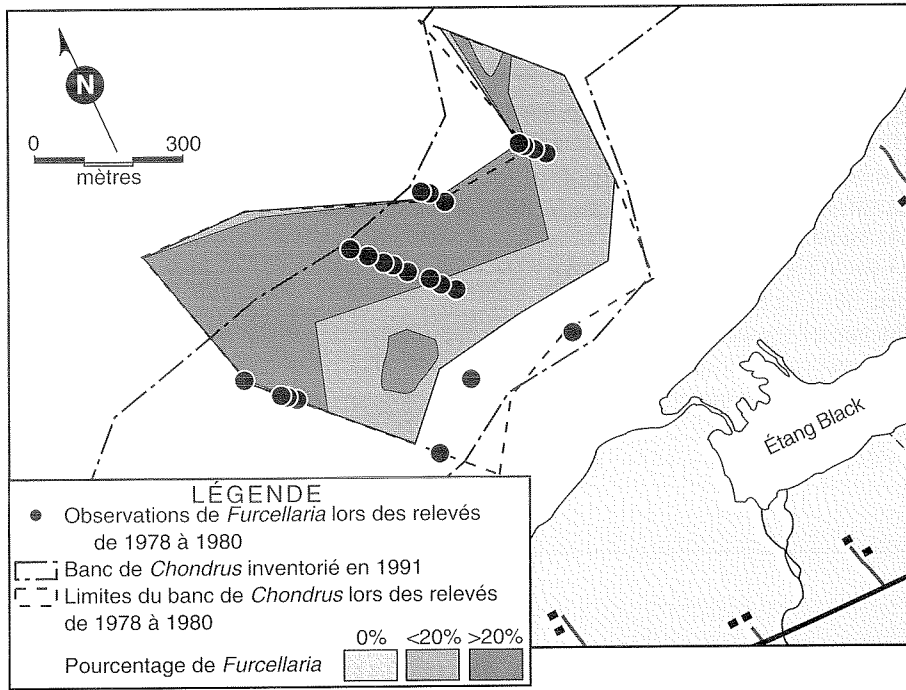
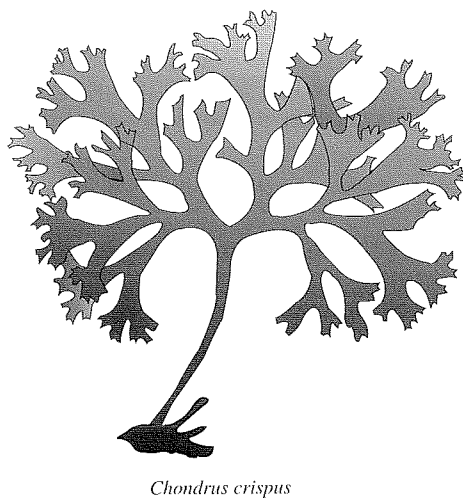


Figure 1. Plan du banc d'algues de Pleasant View (Î.-P.-É.) indiquant la position des observations de *Furcellaria* de 1978 à 1980 ainsi que la proportion de *Furcellaria* dans les diverses parties du secteur inventorié en 1991.

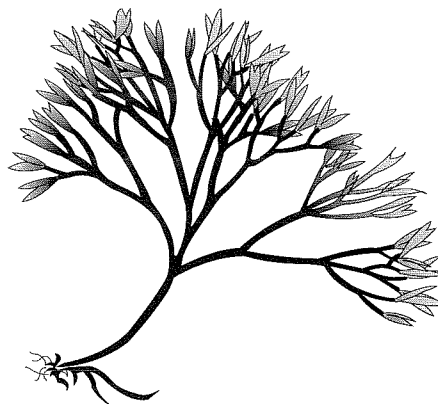
rhizoïdes. Le crampon en forme de disque du *Chondrus* reste solidement fixé au substrat et ne se régénère pas facilement.

Les récolteurs et le ministère des Pêches et des Océans (MPO) avaient peu d'options d'aménagement à leur disposition pour atténuer le problème, à cause des glaces et de la présence d'autres pêcheries dans les mêmes secteurs. On pouvait demander aux récolteurs de ratisser les bancs de *Furcellaria* durant la saison de récolte et de rejeter ces algues sur la terre ferme, afin

d'en réduire la biomasse vivante et de favoriser une moisson plus pure de *Chondrus*. On pouvait aussi considérer le *Furcellaria* comme une espèce commercialisable et en faire une exploitation distincte. Il a finalement été possible d'effectuer une récolte dirigée du *Furcellaria*, grâce à la société Acadian Seaplants, qui était intéressée à traiter, à entreposer et à commercialiser cette algue. Le ministère des Pêches et de l'Aquiculture de l'Île-du-Prince-Édouard a assumé les frais de manutention, tandis que le MPO



*Chondrus crispus*



*Furcellaria lumbricalis*

Figure 2. Port du *Chondrus crispus*, à crampon discoïde, et du *Furcellaria lumbricalis*, à crampon formé de rhizoïdes.

s'est chargé de délivrer des permis de récolte spéciaux, d'installer des bouées délimitant le secteur de récolte et de lancer un programme de surveillance visant à mesurer la répartition de l'effort de récolte, les caractéristiques de prélèvement, la composition et la dynamique des populations d'algues.

Plus de 60 pêcheurs se sont inscrits pour la première année de récolte, et 36 y ont participé, amenant à terre 542 t de *Furcellaria*. En peu de temps, la composition des bancs d'algues ainsi exploités a changé de façon drastique par rapport aux secteurs témoins (fig. 3). Dès la fin de la saison de récolte du *Chondrus*, la biomasse du *Furcellaria* avait commencé à se rétablir. Les râteaux traînants arrachent de manière sélective les frondes mûres du *Furcellaria*, qui sont les plus ramifiées, les plus hautes et les moins solidement fixées. Une fois que les frondes de plus de 60 mm possédant plus de 4 branches ont été enlevées, les frondes plus petites et moins ramifiées ne sont pas aussi facilement arrachées par le râteau. Dans l'ouest de l'Île-du-Prince-Édouard, la récolte de *Chondrus* qui a suivi celle de *Furcellaria* dépassait de 4013 t la récolte de l'année précédente (5021 t), ce qui constitue une augmentation de 80 %. La réduction de la quantité de *Furcellaria* dans les bancs commerciaux avant le début de la saison normale a permis une récolte de *Chondrus* plus abondante dont la teneur en *Furcellaria* n'excédait pas la limite. La récolte de *Furcellaria* effectuée dans les mêmes bancs l'année suivante a été de 819 t, sans changement appréciable par rapport à la première année en termes de récolte par unité d'effort (indice CPUE). Une telle réduction à court terme suivie d'un rétablissement à moyen terme a été observée de nouveau en 1995. Le succès de l'expérience est en grande partie attribuable à la cogestion de la récolte par les récolteurs. Par l'entremise d'un comité, ceux-ci ont eux-mêmes décidé de limiter leur récolte de *Furcellaria* aux secteurs prévus et de l'interrompre dès que la proportion de *Chondrus* atteignait un niveau inacceptable (20 %). De plus, les récolteurs ont pleinement collaboré avec les fonctionnaires chargés de la surveillance, en leur permettant de monter librement à bord des embarcations pour l'échantillonnage en mer. La troisième

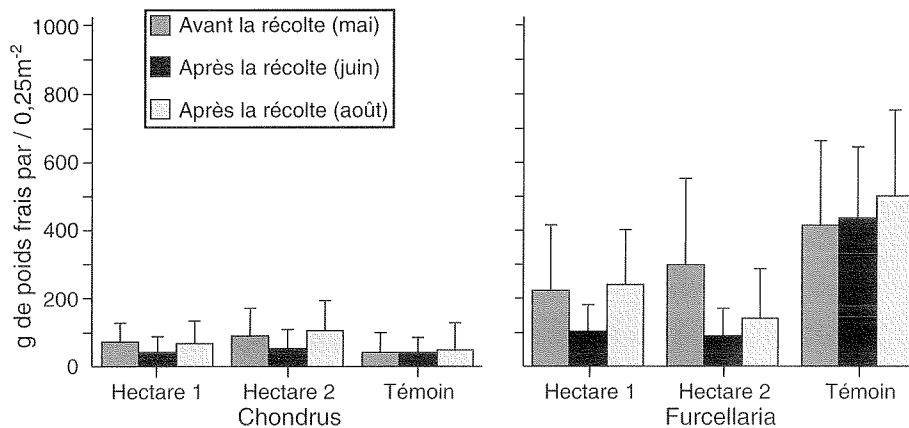


Figure 3. Abondance du *Furcellaria* et du *Chondrus* dans les hectares d'essai et témoins du banc d'algues de Pleasant View (Î.-P.-É.).

année du projet permettra de vérifier la durabilité d'une telle récolte de deux espèces en saisons distinctes.

### Cogestion lancée par un organisme

L'*Ascophyllum nodosum* (fig. 4), ou ascophylle noueuse, est l'algue marine qui domine l'étage littoral des rivages abrités ou semi-exposés de la baie de Fundy et de la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse. Il s'agit d'une plante vivace, fixée à un



*Ascophyllum nodosum*

Figure 4. Port de l'*Ascophyllum nodosum*.

substrat stable, qui forme à marée haute un couvert végétal flottant. En 1959, lorsque la récolte a débuté en Nouvelle-Écosse, elle était soumise à peu de restrictions, sauf que la province avait établi plusieurs secteurs d'achat exclusifs (Sharp, 1987). Jusqu'à 1985, l'industrie a ainsi récolté et traité 4000 à 6000 t d'ascophylle par année. Par la suite, le changement de propriété de l'usine de transformation, la mécanisation et l'arrivée d'un deuxième acheteur/transformateur ont entraîné une augmentation rapide des quantités récoltées ainsi qu'une expansion géographique de l'industrie (Sharp *et al.*, 1994). Les organismes de gestion ont réagi à ces changements de manière plutôt

désordonnée et pièce à pièce (Pringle *et al.*, 1996). En 1989, l'industrie a souhaité s'étendre à la côte du Nouveau-brunswick de la baie de Fundy. Se basant sur l'expérience acquise en Nouvelle-Écosse, le MPO et le ministère des Pêches et de l'Aquaculture du Nouveau-Brunswick (MPANB) ont alors signé un protocole d'entente délimitant clairement les responsabilités en matière de gestion et de développement (Pringle *et al.*, 1996). Les données existantes sur les ressources disponibles et sur les aspects connexes de l'habitat ont été passées en revue puis communiquées aux entrepreneurs avant le lancement d'un appel de propositions de développement (document consultatif du Comité scientifique consultatif des pêches canadiennes dans l'Atlantique). Le taux d'exploitation constituait un des points les plus critiques, d'autant plus si l'on envisageait une récolte annuelle. En effet, lorsque ce taux dépasse 30 % de la biomasse vivante, la ressource doit être laissée en jachère jusqu'à ce que le rendement se rétablisse (fig. 5). On a d'ailleurs mis à l'essai, à titre expérimental, un taux d'exploitation de 50 % et un intervalle de récolte de 3 ans, dans 90 sous-secteurs du territoire occupé par la ressource (fig. 6). L'appel de propositions de développement exigeait des entrepreneurs qu'ils concluent avec le MPO et le

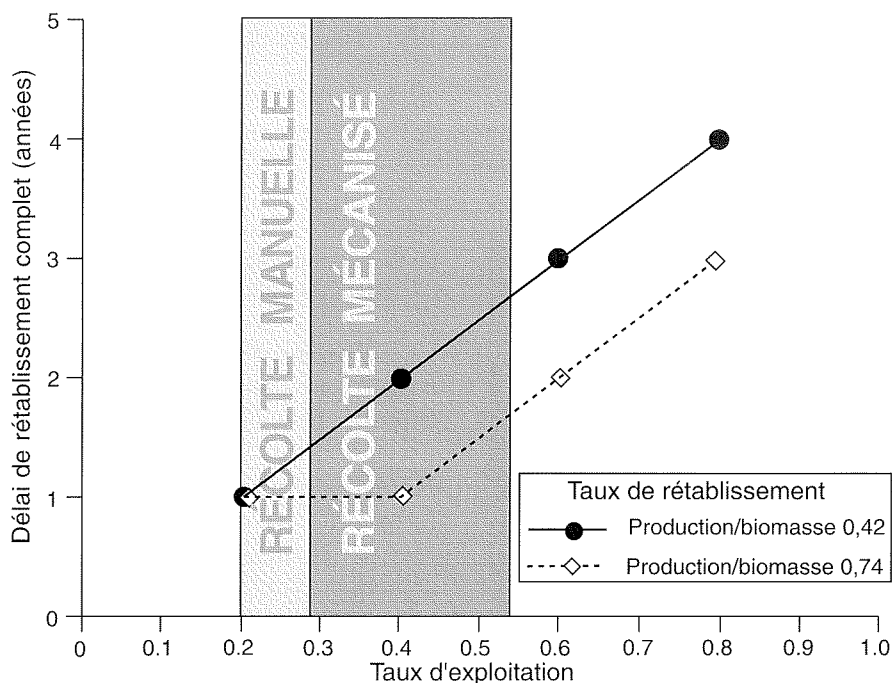


Figure 5. Taux de rétablissement de la biomasse d'*Ascophyllum nodosum* pour des taux de repousse de 42 et 74 % et des taux d'exploitation croissants.

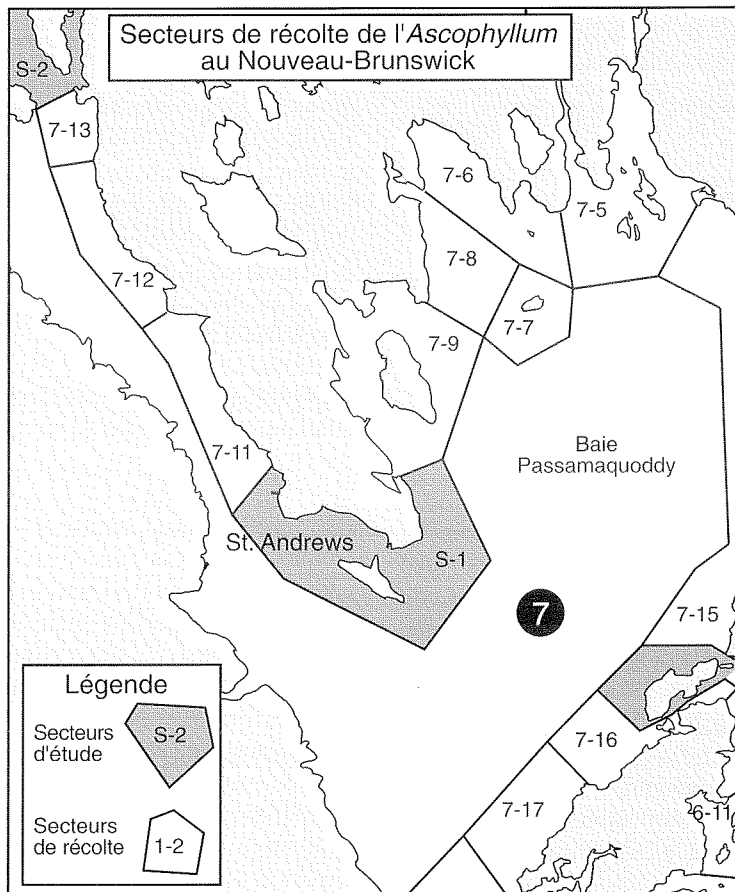


Figure 6. Secteurs de récolte et d'étude de la région où on exploite l'*Ascophyllum* au Nouveau-Brunswick.

MPANB une entente de cogestion précisant les méthodes, l'intensité et les limites de récolte, les conditions d'évaluation et de surveillance ainsi que les rapports qu'ils devaient s'engager à produire. La surveillance devait porter non seulement sur l'intensité de récolte, sur l'étendue du territoire exploité et sur le rétablissement de la ressource, mais également sur les



Figure 7. Photo aérienne des bancs d'*Ascophyllum* situés près de Letete (N.-B.), avec enrichissement de l'image par ordinateur aux fins du calcul de la biomasse.

répercussions de cette industrie pour les espèces animales associées. L'entente de cogestion est entrée en vigueur en juillet 1995, et une saison partielle de récolte s'est déroulée jusqu'en octobre de la même année. Le respect intégral des conditions de l'entente a permis l'obtention de données d'évaluation détaillées. Grâce à l'examen de photos aériennes au 1:12,550 et à des mesures de vérification sur le terrain, on a pu délimiter de façon plus précise les bancs d'*ascophylle* et réduire le taux d'erreur des estimations de biomasse (fig. 7). L'entente a aussi permis de compiler des bases de données sur la densité et la répartition par tailles des principales espèces littorales.

### Références

PRINGLE, J.D. 1981. The relationship between annual landings of *Chondrus* dragrakers, effort, and standing crop in the southern Gulf of St. Lawrence. p. 719-724. In T. Levring (ed.) Proc. 10th Int. Seaweed Symp. W. de Gruyter, Berlin, New York. 780 p.

PRINGLE, J., G. SHARP, and T. CHOPIN. 1996. Obstacles to reaching optimum yield from the marine plant resource of Eastern Canada. Can. J. Fish. Aquat. Sci. Perspectives (sous presse).

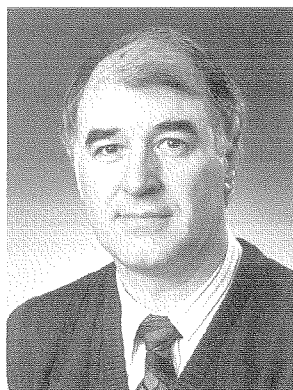
SHARP, G. J. 1987. Case study: *Ascophyllum nodosum* and its harvesting in Eastern Canada. p. 3-46. In M.S. Doty, J.F. Caddy, and B. Santelices (ed.) Case studies of seven commercial seaweed resources. FAO Fish. Tech. Pap. 281: 311 p.

SHARP, G.J., P. ANG Jr., and D. MACKINNON. 1994. Rockweed (*Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis) harvesting in Nova Scotia, Canada: Its socio-economic and biological implications for coastal zone management. p.1632-1644. In Coastal Zone Symp. Halifax, N.S.

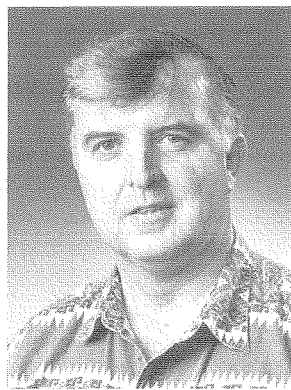
SHARP, G.J., C. TETU, R.E. SEMPLÉ, and D.J. JONES. 1993. Recent changes in marine plant community of western Prince Edward Island; implications for the seaweed industry. p. 291-296. In A.R.O. Chapman, M.T. Brown, and M. Lahaye (ed.) Proc. 14th Int. Seaweed Symp. Hydrobiologia 260/261.

# De nouvelles technologies pour la cartographie des zones littorales

D.F. Dinn, G. Henderson, R. Courtney and J. Bradford



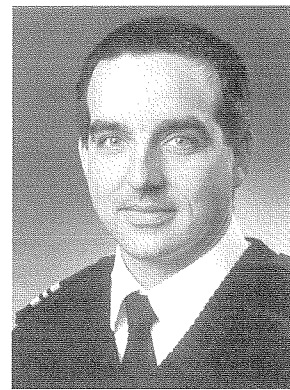
D.F. Dinn



G. Henderson



R. Courtney



J. Bradford

## Introduction

Les récentes améliorations apportées à la conception des transducteurs acoustiques et au traitement des signaux numériques ont fait des sonars multifaisceaux et à large fauchée (MBS) des instruments rentables pour la cartographie des océans et pour les levés dans les ports et les voies d'accès, avec couverture intégrale des fonds marins. De plus, l'imagerie géoréférencée obtenue par balayage latéral et l'information radiométrique étalonnée, deux produits des nouveaux systèmes MBS, sont des outils précieux pour la cartographie géologique de surface, la classification des fonds marins et les applications militaires, comme le déminage.

S'inspirant des travaux du Comité national d'action sur la cartographie des océans (CNACO) et de la récente expérience d'utilisation de MBS à bord de navires de plus gros tonnage, le Service hydrographique du Canada (SHC) prévoit effectuer des levés dans les ports et les couloirs de navigation et cartographier les zones littorales en utilisant du nouveau matériel MBS installé sur des vedettes de 10 m. L'installation est actuellement en cours sur trois de ces dernières. Plus souple et plus économique que l'utilisation de bateaux de levés de plus gros tonnage, cette approche assurera la collecte de données à haute résolution pour la production de cartes. Les vedettes peuvent être

manoeuvrées par un équipage de deux personnes et facilement transportées par voie terrestre vers une zone de levé. Si nécessaire, elles peuvent aussi être transportées par un autre navire hydrographique.

## Technologie multifaisceaux

Les échosondeurs multifaisceaux mesurent le temps de parcours aller-retour en distance oblique d'une courte impulsion acoustique entre un transducteur sonar et de nombreux points du plancher océanique. Les nombreuses distances obliques sont simultanément « sondées » le long de la route du navire à chaque impulsion acoustique (fig. 1). Le SHC utilise des systèmes MBS de première et de deuxième génération (Simrad EM100 et EM1000) depuis plusieurs années à bord du nsc Matthew et du nsc Frederic G. Creed. Ces systèmes à 100 kHz sont utiles dans les eaux d'une profondeur de 20 à 500 m, leurs fauchées à 100° et à 150° donnant une résolution spatiale moyenne en utilisant 32 et 64 faisceaux (angle d'ouverture ~3°). Les données de levés recueillies avec ces systèmes ont permis de produire des modèles numériques détaillés de planchers océaniques pour de nombreux projets hydrographiques et études géologiques.

Le nouveau MBS Simrad EM3000 de troisième génération, présentement mis en service par le SHC, produit 127 faisceaux sonar distincts sur un secteur de 120° et

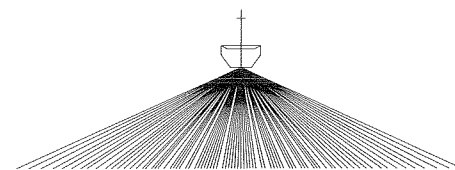


Figure 1 : Diagramme type de couverture du sonar multifaisceaux

couvre une fauchée de sondage correspondant à 3,5 fois la profondeur de l'eau. Prévu pour fonctionner jusqu'à une profondeur de 75 m, le EM3000 utilise une porteuse à 300 kHz, ce qui permet de placer le transducteur (35 cm de diamètre sur 12 cm de hauteur) dans de petites embarcations. L'angle d'ouverture du faisceau à 1,5° permet d'obtenir une résolution spatiale longitudinale élevée (~2,6 % de la distance oblique). La résolution verticale est de l'ordre de 5 à 10 cm.

La densité de sondage qui donne une couverture intégrale du fond est déterminée par la vitesse du vaisseau, l'angle d'ouverture du faisceau et l'angle d'espacement entre les faisceaux ainsi que la fréquence des impulsions. Cette dernière dépend du temps d'aller-retour des rayons extérieurs. Dans le cas du EM3000, la limite supérieure est de ~25 impulsions à la seconde. Pour obtenir une couverture complète, la vitesse maximale du bateau naviguant dans des eaux d'une profondeur de 10 m ou plus devrait donc se situer autour de 10 noeuds.

## Les problèmes de mesures d'attitude

La réfraction acoustique et les mouvements du navire (roulis, tangage, cap et pilonnement) déterminent le point où les faisceaux frappent le plancher océanique. Comme pour les levés classiques, des facteurs comme la marée, les ondes de tempête, le tirant d'eau et l'assiette du navire en mouvement influent également sur les levés réalisés à l'aide du MBS. La position et le cap servent à transformer les distances obliques et les angles des rayons en valeurs de profondeurs géoréférencées.

Les normes de précision (niveau de confiance à 90 %) de profondeur pour les cartes de navigation sont établies par l'Organisation hydrographique internationale (OHI). Elles sont de 30 cm pour des profondeurs de moins de 30 m, et de 1 % pour les eaux plus profondes. La précision de profondeur pour les faisceaux inclinés des extrémités est limitée par les erreurs d'angle de roulis et par la célérité du son. Lorsque le bilan des erreurs est apporté entre toutes les sources, la contribution du roulis doit être au maximum de  $0,08^\circ$  moyenne quadratique (mq) pour le EM300, et de  $0,05^\circ$  pour le EM1000 dans sa fauchée la plus large.

Le SHC utilise un nouveau capteur de position et d'attitude (le POS-MV 320 de la société Applied Analytics Corporation) qui combine deux éléments : a) un capteur gyroscopique de navigation par inertie à éléments liés et à six degrés de liberté ainsi que b) deux récepteurs du système différentiel de positionnement global (DGPS). Ces éléments permettront de mesurer les angles de roulis, de tangage et de cap à  $0,05^\circ$  (mq), indépendamment de la façon dont le navire est dirigé. La position est déterminée à 1 m efficace, en intégrant les données DGPS (bonne précision à long terme) à celles du capteur de navigation par inertie (bonne précision à court terme), à l'aide d'un filtre de Kalman. La largeur de bande de mesure se situe entre 0 et 50 Hz. La combinaison du DGPS et du capteur de navigation par inertie permet d'établir avec précision la position du navire, même lorsque le GPS subit des interruptions pouvant atteindre 1 minute.

## Mesure du pilonnement

Dans son sens hydrographique, le pilonnement est le mouvement vertical du transducteur par rapport au niveau d'eau moyen; il influe donc directement sur les profondeurs mesurées. En raison du large spectre de fréquences du mouvement du navire et du niveau de l'eau, la mesure précise du pilonnement du navire et du niveau moyen de l'eau pose des problèmes.

Le POS-MV, à l'instar des capteurs d'attitude conventionnels, calcule les données de pilonnement par double intégration de l'accélération verticale (mesurée par rapport au centre de la Terre) et en filtrant les résultats dans un filtre passe-haut. Le filtrage ramène le pilonnement mesuré à une moyenne de zéro - comme c'est le cas du pilonnement vrai - en extrayant les effets des conditions initiales et la dérive du point zéro dans le système électronique. Toutefois, chaque fois que le spectre du pilonnement atteint un niveau d'énergie proche de la fréquence de coupure du filtre ou inférieur (soit un cycle aux cinq à dix minutes), il se produira une erreur inévitable dans la mesure du pilonnement. Cette situation peut se produire quand la zone de levés est soumise à des oscillations (seiches dans les baies partiellement fermées), sur une mer arrière à longue période avec un navire rapide (comme le nsc Frederic G. Creed) et lorsque la position verticale du détecteur de pilonnement change par incréments en raison de changements (peu fréquents) de la vitesse du navire, du transfert du liquide de ballast ou du déplacement des personnes (petit vaisseau).

Normalement, le pilonnement peut se mesurer à 5 ou 10 cm (mq), mais une mer houleuse et les conditions décrites ci-dessus peuvent amener l'erreur à des niveaux inacceptables. Il est possible de réduire l'erreur en utilisant le DGPS dans le mode de repérage de phase de la porteuse, en 3-D, dans la mesure ou il est possible de corriger l'ambiguïté de phase de la porteuse au fur et à mesure. La hauteur de l'antenne GPS par rapport à l'ellipsoïde terrestre (WGS-84) peut être établie à environ 3 cm (mq), lors du traitement ultérieur, ce qui élimine par conséquent la nécessité d'installer et d'entretenir temporairement des marégraphes de levés. L'effet des marées, de même que ceux de la seiche et

du pilonnement, peut être corrigé au moyen du DGPS et au fur et à mesure. L'approche nécessite une modélisation spatiale des niveaux de référence actuels basés sur le géoïde par rapport à l'ellipsoïde utilisé par le GPS. Le SHC utilise présentement le DGPS 3-D en mode statique pour ce type de modélisation et il étudie la possibilité d'utiliser le DGPS cinématique en temps réel avec correction au fur et à mesure dans le cas des levés multifaisceaux.

## Célérité du son

Grâce à la technique de formation de faisceaux à commande de phase utilisée dans le EM3000, l'angle de roulis et la célérité du son au point d'entrée du transducteur commandent les angles de site des rayons sonores. Le profil célérimétrique et la loi de Snell déterminent la trajectoire des rayons dans l'eau. La figure 2 montre des erreurs de profondeur dérivées d'erreurs de profils célérimétriques typiques à un angle de roulis non-nul. Le bilan des erreurs attribué aux effets de réfraction est généralement inférieur à 0,4 % (mq).

La précision de base ( $\pm 0,3$  m/s) des profileurs célérimétriques actuels est plus qu'adéquate pour corriger les effets de la réfraction. Mais, comme les variations spatiales et temporelles de la célérité peuvent être de  $\pm 20$  m/s ou plus dans la zone à l'étude (à cause du réchauffement solaire, de l'apport d'eau douce et du brassage par la marée), les profils célérimétriques doivent être mesurés fréquemment. Dans le cas des bateaux équipés du EM3000, le SHC évalue une méthode de collecte de données de profils célérimétriques pendant que la vedette avance à dix noeuds, en utilisant une sonde de célérité à chute libre et son treuil (actuellement mis au point par Brooke Ocean Technology). Le dispositif est une version réduite du système MV-CTD mis au point antérieurement par l'Institut océanographique de Bedford (IOB). Ce système servira à conserver un taux élevé de couverture tout en donnant une bonne résolution spatiale et temporelle de la célérité du son. (Voir le compte-rendu de J.G. Dessureault dans la présente Revue.)

## Impacts hydrographiques

La cartographie pour la navigation met de plus en plus l'accent sur les levés de sites particuliers, de ports et de couloirs. Cette

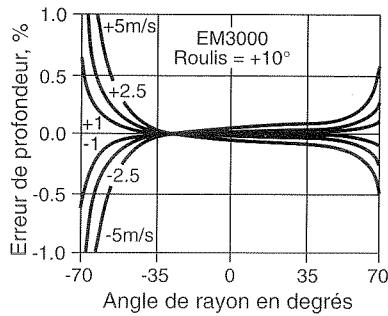


Figure 2 : Erreurs de profondeur à un angle de roulis de  $+10^\circ$  pour les erreurs de profils célimétriques de la Figure 3.

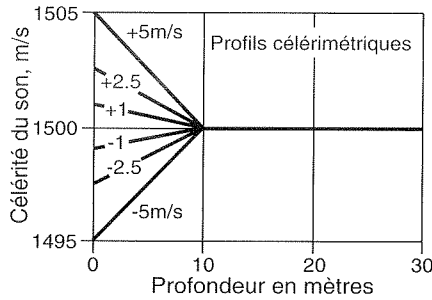


Figure 3 : Profils célimétriques utilisés pour produire les courbes de la Figure 2. Les profils célimétriques mesurés ont été à tort pris comme constants à 1500m/s. Les chiffres portés indiquent des erreurs de célérité du son à la surface.

approche permet d'obtenir des données détaillées pour la réalisation des cartes à grande échelle nécessaires aux navires qui entrent dans les ports, en sortent, s'y amarrent et y transitent.

Depuis les trois dernières années, le SHC a utilisé le Simrad EM100 et le MBS EM1000 pour effectuer des levés dans les couloirs et les entrées de ports, mais il a continué de réaliser la quasi-totalité de ses cartes des ports et des zones d'amarrage à l'aide d'échosondeurs conventionnels à faisceau unique. En appliquant cette méthodologie, les hydrographes risquent toutefois de ne pas voir un obstacle ou un danger entre les lignes de levé; en outre, l'examen des haut-fonds exige beaucoup de temps. Le Simrad EM3000 et le POS-MV permettront de faire ces levés plus rapidement, avec une couverture de fond intégrale, ainsi qu'une résolution et une précision plus élevées. De plus, on pourra pratiquement éliminer la nécessité d'examiner les haut-fonds, pourvu qu'il y ait suffisamment de données redondantes. Dans les zones ayant déjà fait l'objet de levés au moyen d'échosondeurs

conventionnels, on ne fera de nouveaux levés à l'aide du MBS pour répondre aux exigences du trafic maritime actuel que sur les secteurs critiques pour la navigation.

### Traitement des données

Le volume extrêmement élevé de données produites par le EM3000 (plus de 100 Mo à l'heure en eau peu profonde) nécessite beaucoup de gestion et de traitement de données. Jusqu'à maintenant, toutes les données des MBS ont été traitées au moyen du Système de traitement de l'information hydrographique (HIPS) et, dans une moindre mesure, au moyen du Système de traitement de l'information obtenue par balayage latéral (SIPS) de Universal Systems Limited (USL). Même si le HIPS est très puissant sur le plan fonctionnel et permet d'éditer facilement des relevés de lignes de sondage et des données de position et d'attitude, il n'est pas conçu pour traiter les volumineux ensembles de données du EM3000, qui nécessitent une visualisation interactive en 3-D pour rejeter les valeurs aberrantes et assurer la qualité du produit final.

Un des buts du traitement des données MBS est de traiter une heure de données consignées en une heure ou moins; ce travail prend actuellement plusieurs heures. C'est pourquoi le SHC a récemment évalué le logiciel « SEE-BED » (Sirius Solutions Limited) de préparation de données et de visualisation en 3-D. Les premiers résultats positifs indiquent qu'il conviendrait maintenant d'assurer la compatibilité du transfert de données entre le SEE-BED et le HIPS. À plus long terme, un groupe national de travail a été constitué pour étudier les questions d'une portée plus étendue concernant le traitement, l'archivage et la réutilisation à valeur ajoutée des données MBS par d'autres disciplines.

### Applications militaires

Les marines de tous les pays s'intéressent aux levés de routes en vue d'obtenir de l'information sur les paramètres qui influent sur la guerre des mines et sur les opérations de déminage. À titre de participants au CNACO, le personnel du Commandement maritime étudie, en collaboration avec le SHC, les aspects et les techniques associées à l'exploitation du MBS.

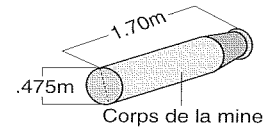


Figure 4 : Dimensions d'une mine terrestre largable de type MK36.

### Mesures acoustiques coordonnées

Pour mener à bien le déminage, il faut avoir en main une combinaison d'outils, de techniques et de types de données complémentaires. La technique actuelle comprend l'identification des changements dans les images géoréférencées « avant et après » du plancher océanique sur le trajet d'une route maritime. Pour détecter des objets de la dimension d'une mine courante (fig. 4), l'imagerie verticale et latérale du MBS ne convient pas toujours. La raison en est que la superficie de la zone insonifiée est beaucoup plus grande que celle de la cible, lorsque l'angle d'incidence des faisceaux par rapport au plancher océanique est assez faible pour créer de bonnes images d'ombre.

Afin d'obtenir de bonnes données par balayage latéral pour le levé d'une route maritime, l'angle d'incidence doit être inférieur à  $\sim 45^\circ$ . Pour des raisons liées à la puissance et à la réfraction, la pratique consiste à placer le transducteur dans un engin remorqué (poisson) à proximité du plancher océanique. Ainsi utilisé, le sonar à balayage latéral offre une excellente résolution longitudinale et transversale. Cependant, le géoréférencage précis des données de balayage latéral dans un système de coordonnées reconnu (le WGS-84 par exemple) se complique par la nécessité d'intégrer l'attitude et la distance du poisson à la position (obtenue du DGPS) et à l'attitude du navire.

Dans un tel cas, le MBS peut constituer une aide synergique au sonar remorqué à balayage latéral. La précision de l'emplacement des caractéristiques saillantes du plancher océanique imagées par un MBS embarqué peut être supérieure d'un ordre de grandeur (1 m (mq) par rapport à 10 m (mq)) à celle des images qui ont été obtenues par un sonar à balayage latéral remorqué. En se servant de données MBS précises sur le plan spatial, on peut corriger les erreurs d'enregistrement dans



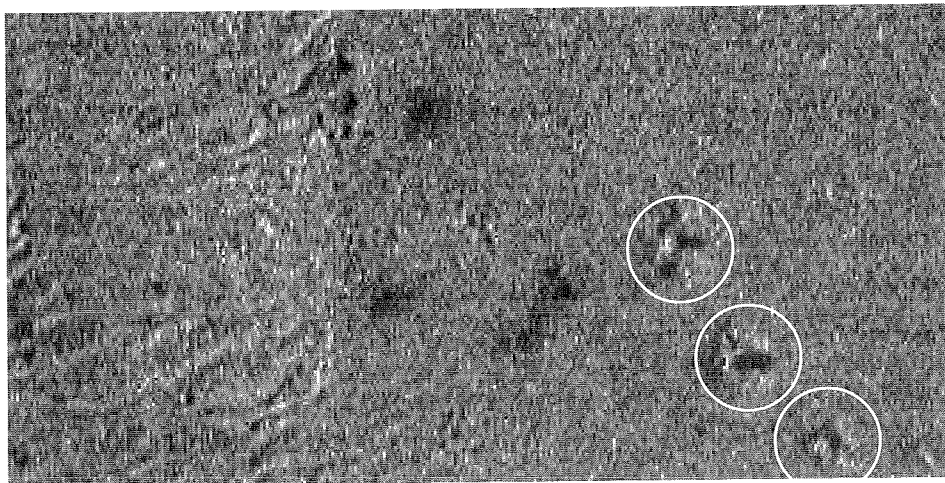


Figure 5 : Segment d'une mosaïque d'image sonar à balayage latéral (30 m x 60 m) montrant, en bas à droite, trois objets d'un mètre avec leurs ombres acoustiques portées sur la droite.

l'imagerie du sonar à balayage latéral remorqué. En choisissant de nombreux points de référence (c'est-à-dire des caractéristiques de fonds marins communes aux deux jeux de données), on peut faire subir une distorsion conforme à l'imagerie obtenue par balayage latéral de manière à aligner précisément ses caractéristiques avec celles des données MBS.

#### Sonar à balayage latéral haute vitesse.

L'utilisation simultanée du sonar à balayage latéral remorqué et des systèmes bathymétriques multifaisceaux n'a pas été une pratique courante, parce que le faible angle d'ouverture de faisceau du sonar à balayage latéral impose de limiter la vitesse à 2 ou 3 noeuds. Les systèmes MBS actuels peuvent fonctionner efficacement à des vitesses de 10 à 16 noeuds. On travaille présentement à la mise au point d'une nouvelle génération de sonar à balayage latéral qui comprend cinq faisceaux parallèles fonctionnant en simultanéité. Ce montage permettra de quintupler la vitesse de remorquage des sonars. Les faisceaux acoustiques de ces derniers sont orientés et focalisés dynamiquement pour donner des résolutions longitudinales et transversales jusqu'à ~12 cm à des portés de 100 m. Le faisceau étant conçu pour insonifier à angle étroit, l'angle mort situé directement sous le poisson doit être compensé par des données intercalaires recueillies lors des passages adjacents. Les données MBS en temps réel, recueillies à l'avant du poisson, peuvent servir à réduire le risque qu'il ne frappe le fond de l'eau.

#### Téledétection de mines.

La suite logique d'un levé de route opérationnel est la chasse aux mines. Les travaux de recherche et de développement sur la chasse aux mines portent maintenant sur l'utilisation du semi-submersible de levés DOLPHIN, engin mis au point par le SHC. Le DOLPHIN, qui a déjà fait ses preuves au Canada et aux États-Unis dans le cadre de campagnes de levés à l'aide des systèmes EM100 et EM950, servira à remorquer un système de balayage haute vitesse et éventuellement à intégrer le système MBS. Le nouveau système EM3000 est un des instruments qui pourraient être intégrés au système de téléchasse aux mines.

#### Applications pour la géologie du fond marin

La bathymétrie multifaisceaux et les données de rétrodiffusion fournissent sur les caractéristiques morphologiques et constitutives du plancher océanique des informations à moyenne échelle exceptionnelles, essentielles à la compréhension de son histoire et de son évolution. À la Commission géologique du Canada-Atlantique (CGC-A), on a maintenant procédé au traitement de jeux de données multifaisceaux représentatifs, provenant de divers milieux géologiques dans les zones côtières du Canada. Ces données ont été recueillies dans le cadre de levés hydrographiques canadiens, de levés de la CGC sur les côtes est et ouest, et des activités de gestion du ministère des Travaux publics dans les ports et les

couloirs de navigation. Les jeux de données ont été utilisés au cours de la dernière année pour répondre à des besoins sociétaux à court et à long terme : levés de trajets de câblage, évaluation des risques géologiques et de l'immersion de déchets en mer, études d'ingénierie sur plancher océanique et recherche de base sur le transport des sédiments dans les baies. Les paragraphes suivants porteront sur une de ces applications et sur les nouvelles perspectives découlant de ces activités.

#### Affaissement du plancher océanique.

La CGC, en partenariat avec la Cape Breton Development Coal Corporation (DEVCO) et CANMET (organisme de Ressources naturelles Canada), a récemment terminé la dernière année d'un projet de deux ans portant sur la mesure de l'affaissement au-dessus d'une mine de charbon sous le plancher océanique. DEVCO exploite la mine Prince, à environ 3 km au nord de Point Aconi, Cap Breton. Le charbon est extrait de la veine Hub située à environ 200 m sous le plancher océanique. Les couches de charbon, d'environ 2 m de hauteur, sont extraites en longues bandes étroites, ou panneaux, mesurant 160 m de largeur et jusqu'à 3 km de longueur. Le charbon extrait sert principalement à alimenter une nouvelle centrale thermique au charbon à lit fluidisé située non loin de Point Aconi.

À mesure que le charbon est extrait d'un panneau, les quelque 200 m de roche sus-jacents s'affaissent et les contraintes associées à cet affaissement se transmettent au plancher océanique. La déformation du plancher au-dessus des panneaux peut servir à quantifier les propriétés mécaniques du toit rocheux de la mine, information de première importance pour l'optimisation de l'exploitation minière. Avant cette étude, l'affaissement au-dessus du centre des panneaux déhouillés de Point Aconi devait atteindre jusqu'à 1,5 m, selon les prédictions des géologues miniers.

L'objectif de ces deux années d'étude était de mesurer l'évolution temporelle de la profondeur du plancher océanique recouvrant la mine en vue d'en évaluer l'affaissement au-dessus des nouveaux panneaux et pour étudier le remplissage dans les anciennes fosses d'affaissement.

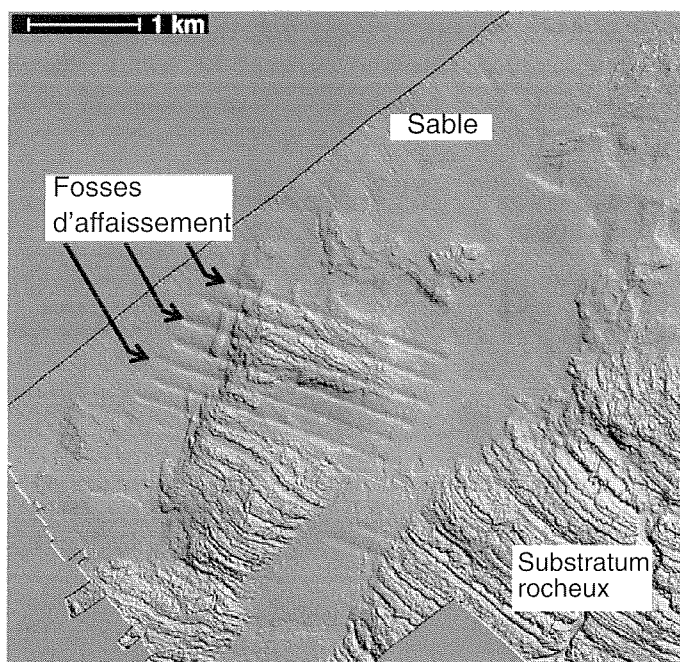


Figure 6 : Image en relief par ombres portées du plancher océanique au-dessus de la mine Prince. L'image est dérivée des données multifaisceaux recueillies à l'aide du EM1000 au cours de l'été 1994 à bord du Frederick G. Creed. L'image de gauche montre des fosses d'affaissement qui se sont formées au-dessus de panneaux de mine se trouvant à 200 m sous le plancher océanique. Le plan de la mine est superposé sur l'image de droite. L'image a été établie d'après les données en utilisant une exagération verticale de 10 m et avec un éclairage du nord-est.

Des valeurs bathymétriques détaillées ont d'abord été mesurées au-dessus des panneaux au cours de l'été de 1994 à l'aide du système multifaisceaux Simrad EM1000, exploité à partir du navire hydrographique de type SWATH, le nsc Frederick G. Creed. La figure 6 montre une image du relief par ombres portées constituée à l'aide des données multifaisceaux recueillies de 1994 au-dessus des chantiers de mine. On y voit également une autre image superposée aux plans des chantiers de mine. On voit clairement les fosses d'affaissement au centre des panneaux du côté est de la mine (le nord est vers le haut). Les estimations de l'affaissement des panneaux, calculées d'après les données recueillies en 1994, variaient de 1 m à 1,5 m au centre de chaque fosse. On a détecté un effondrement du plancher océanique directement au-dessus de la partie de la mine présentement en exploitation (l'extrémité est de la fosse située à l'extrême nord). Auparavant, les spécialistes croyaient que le plancher océanique s'affaissait graduellement, sur une période d'un an ou deux, après la fin de l'exploitation d'un panneau, ce qui correspondait à la déformation graduelle de la roche sus-jacente. Le processus est

maintenant perçu comme une rupture immédiate de la roche, ce qui est capital pour la conception des mines.

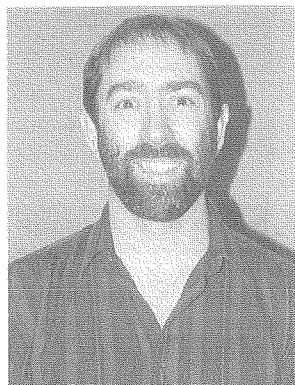
Une deuxième étude a été menée en 1995 à bord du Creed pour mesurer l'affaissement net au-dessus des nouveaux chantiers de mine, pendant une période d'un an. L'analyse des données recueillies au cours de cette deuxième étude sera bientôt terminée. Les résultats préliminaires montrent que les effets de la réfraction du son dans la colonne d'eau sont maintenant la plus importante source d'erreur limitant la précision des données de profondeur recueillies par système multifaisceaux. Les recherches effectuées à la CGC-A sur la signature statistique des erreurs de réfraction laissent croire que, grâce à une analyse méticuleuse, l'incertitude du mesurage effectué par le biais des systèmes de levés MB peut être ramenée entre 10 et 15 cm à des profondeurs d'eau allant jusqu'à 50 m; ce qui est trois fois supérieur aux normes fixées par l'Organisation hydrographique internationale. Les résultats de cette étude seront publiés au printemps de 1996.

## Conclusion

Les sonars multifaisceaux jouent un rôle clé dans le cadre des opérations de cartographie marine, des travaux de déminage et des recherches géologiques marines. De nouvelles activités de recherche et de développement sont amorcées sous l'impulsion des demandes formulées par les utilisateurs tandis que les projets courants mettent l'accent sur les travaux dans les zones côtières, où la délimitation des caractéristiques du plancher océanique, tant naturelles qu'artificielles, est importante pour la sécurité de la navigation, pour les Forces armées canadiennes et pour les opérations commerciales.

# Essais de valorisation de la mye dans la baie de Fundy

S.M.C. Robinson



S.M.C. Robinson

## Introduction

### Historique

L'exploitation de la mye (*Mya arenaria*) dans les provinces Maritimes du Canada a une longue histoire, puisque les relevés officiels des prises remontent jusqu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Il s'agit probablement là d'une des premières espèces maritimes exploitées, du fait qu'elle est relativement facile à récolter à marée basse. La mye a été une importante source de nourriture pour les tribus autochtones de la région, qui l'exploitaient activement pour s'en nourrir, comme en témoignent les vestiges constitués par les nombreux tertres ou « buttes-témoins » formés de coquilles que l'on trouve dans la région. Après la colonisation européenne, les myes sont demeurées la base de l'industrie alimentaire, tout d'abord comme source directe de nourriture, puis comme source d'appât pour la lucrative pêche à la palangre sur les Bancs de Terre-Neuve et dans d'autres zones de pêche du poisson de fond. Au tournant du siècle, les goélettes de pêche s'arrêtaient souvent dans le bassin d'Annapolis ou dans la région de Quoddy, dans le sud-ouest du Nouveau-Brunswick, pour se charger de barils de myes salées qui allaient servir d'appât. Il est fort probable qu'une bonne partie de cette exploitation n'a jamais été enregistré. Du début du siècle jusqu'aux années 50, l'industrie de la conserve était bien établie, et un fort volume de myes était exporté sous cette forme

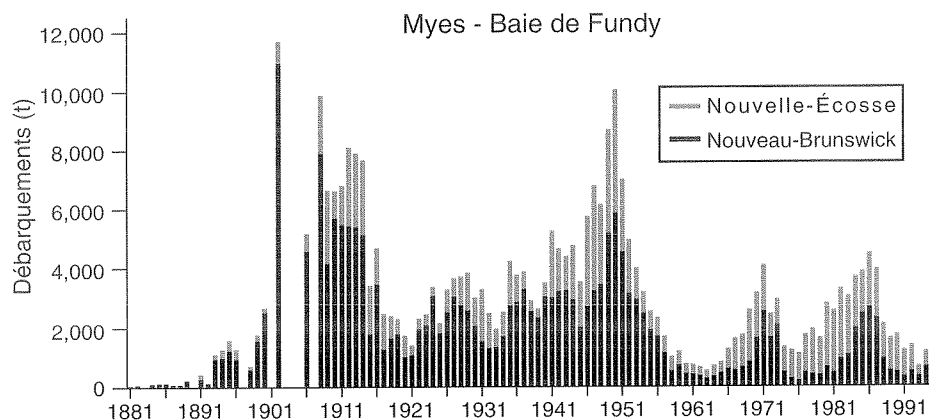


Figure 1 : Relevés à long terme des débarquements de myes dans la baie de Fundy

de la baie de Fundy.

### Le passé proche

Les méthodes de pêche ont très peu changé par rapport au siècle dernier sur le plan technologique. À l'exception d'une brève période, dans les années 60, où on a essayé des techniques automatisées de ramassage, c'est la pêche à la main avec une fourche (trident ou pêche-coques) qui reste la seule méthode employée dans la baie de Fundy. Toutefois, si les méthodes de pêche n'ont pas changé, les débarquements ont baissé dans l'ensemble (fig. 1). Certaines des baisses des débarquements peuvent s'expliquer par les conditions sociales d'une période donnée (c.-à-d. la Deuxième Guerre mondiale) et par des cycles et événements biologiques, mais la tendance est bien à la baisse. Cette réalité a eu un effet dramatique sur les économies locales. Bien qu'il soit difficile de mesurer directement les pertes subies par les communautés, nous pouvons les estimer de façon indirecte. Si nous posons que le littoral a encore la capacité de soutenir les niveaux de production du passé, la moyenne annuelle sur 10 ans des débarquements dans la baie de Fundy était d'environ 5 700 tonnes entre 1945 et 1955. Si cette biomasse de myes était débarquée aujourd'hui et vendue au prix actuel de 1,90 \$/kg (0,85 \$/lb), cela rapporterait aux pêcheurs et aux économies locales environ 10,86 millions de dollars. Or, en 1994, le total des débarquements enregistrés

atteignait 1 191 tonnes, une valeur de 2,27 millions de dollars au prix de 1,90 \$/kg, soit une chute de 80 %. Ce manque à gagner annuel est important pour l'industrie coquillière. Bon nombre de ses participants travaillent dans divers secteurs primaires de l'industrie (agriculture, foresterie, pêche) au cours de l'année et, leur revenu annuel étant peu élevé, chaque portion de ce revenu est importante. De plus, les frais généraux de cette pêche sont si faibles que la plus grande partie des gains retourne directement dans l'économie au lieu d'aller au service de la dette des opérations de pêche.

Les raisons de la chute sont nombreuses, mais la principale est la disparition de nombreuses zones de récolte à cause de fermetures sanitaires justifiées par la présence de bactéries coliformes. Ces fermetures ont un double effet sur la pêche. Tout d'abord, elles réduisent le stock sauvage exploitable (même si les établissements de dépuración peuvent utiliser les zones modérément contaminées), et, par ailleurs, elles concentrent les pêcheurs sur les autres zones ouvertes du littoral. À un moment donné, qui est fonction de la taille et de la productivité des zones ouvertes, cette concentration de l'effort de pêche peut surexploiter les populations de myes. D'autres facteurs influent sur la productivité des gisements : la présence de phycotoxines (comme la toxine paralysante ou PSP, la toxine diarrhéique

Méthode	Concept	Avantages	Inconvénients
Pêche en rotation	Exploiter les gisements en rotation pour laisser certaines zones en jachère et leur permettre de devenir plus productives.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• laisse aux myes quelques années sans pression de pêche</li> <li>• améliore la croissance et abaisse la mortalité</li> <li>• méthode de gestion relativement facile</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• des problèmes se posent s'il n'y a pas suffisamment de gisements à réserver</li> <li>• on suppose que les zones fermées pour la conservation ne seront pas polluées</li> </ul>
Clayonnage	Placer des barrières artificielles sur la plage pour accroître le taux d'installation et de survie du naissain naturel.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• méthode naturelle pour accroître l'installation naturelle du naissain</li> <li>• méthode à faible technologie et relativement peu coûteuse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dépend des sources naturelles de larves</li> <li>• dépend étroitement des taux de croissance et de survie</li> <li>• forte intensité de main-d'oeuvre dans les zones étendues</li> <li>• réoriente la gestion vers un style basé sur la propriété</li> </ul>
Reparcage	Transplanter des myes juvéniles d'une plage à forte densité pour les faire grossir dans une plage qui a été dépeuplée par l'exploitation.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• permet de repeupler les zones surexploitées</li> <li>• permet d'éclaircir les populations très denses pour améliorer la croissance</li> <li>• permet de remettre en production des zones fermées</li> <li>• peut être lié à une éclosion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dépend étroitement des taux de croissance et de survie</li> <li>• forte intensité de main-d'oeuvre</li> <li>• réoriente la gestion vers un style basé sur la propriété</li> </ul>

Tableau 1 : Résumé des avantages et des inconvénients des trois méthodes de valorisation mises à l'essai dans le sud-ouest du Nouveau-Brunswick.

ou DSP et l'acide domoïque ou toxine amnésique, ASP), ou encore des changements normaux qui surviennent dans les cycles biologiques en réaction aux modifications de l'environnement (tendances au refroidissement ou au réchauffement). Ces conditions sont toutefois temporaires et n'affectent la production de myes que pendant des périodes données. Par contre, la fermeture des gisements aux pêcheurs amateurs à cause de la contamination par les coliformes fécaux restera vraisemblablement permanente tant que des mesures de nettoyage ne seront pas prises.

## Objectif

L'objectif de notre travail de valorisation était d'étudier les techniques permettant d'accroître la productivité des plages ouvertes pour soutenir l'exploitation des gisements sauvages pendant la période intermédiaire d'élaboration de techniques de nettoyage visant à assainir le littoral. L'assainissement est le but ultime, car la capacité de production d'une plage est sans intérêt si le produit ne peut pas être exploité. Tous les projets ont été élaborés de concert avec des partenaires de l'industrie, de façon à faciliter le transfert direct de la technologie et l'acceptation des résultats par les intéressés.

Trois méthodes de base ont été étudiées : la pêche en rotation, le clayonnage et le reparcage (tableau 1). Il ne s'agit pas là de techniques nouvelles, mais de modifications de projets lancés par l'industrie dans les années 50 dans certaines régions de la Nouvelle-Angleterre.

## Pêche en rotation

Un projet visant à étudier le potentiel de la pêche en rotation a été lancé au printemps 1991 dans le havre de Lepreau. On a établi deux parcelles de 3 x 9 m, sur un gisement de myes déjà exploité, qu'on a subdivisées en trois parties égales, l'une qui devait être pêchée chaque année (1992, 1993, 1994, 1995), l'une un an sur deux (1993, 1995) et la troisième un an sur trois (1994). Toutes les parcelles ont été entièrement pêchées au début du projet (1991) par des pêcheurs commerciaux utilisant des pêche-coques. Les mêmes pêcheurs ont exploité les parcelles en 1992 et 1993. Malheureusement, d'autres pêcheurs commerciaux ont pêché dans les parcelles au début de 1994, ce qui a invalidé le reste de l'étude (qui visait à mesurer les avantages de la pêche triennale). Dans chaque cas, les myes ont été apportées au laboratoire de la Station de biologie de St. Andrews, et elles ont toutes été mesurées avec des calibres et pesées au gramme le plus proche.

Les résultats obtenus à la fin des deux premières années de l'étude ont montré qu'il y a avantage à laisser les parcelles en jachère pendant un an (fig. 2). Au départ, les parcelles annuelles et biennales ont donné une récolte de biomasse comparable, 7,5 et 7,3 kg respectivement, tandis qu'à la fin des deux ans les parcelles biennales ont donné environ 6,5 % de plus de biomasse. Ces résultats indiquent que, si la quantité totale récoltée était légèrement supérieure dans les parcelles biennales, les captures par unité d'effort (CPUE) étaient plus du double de celles des parcelles pêchées chaque année (13,9 kg par pêche contre 6,5 kg). La comparaison de la distribution des fréquences de taille entre la pêche de départ et la première pêche des parcelles annuelles montre que les coquillages les plus gros sont rapidement prélevés, et que les pêcheurs s'intéressent ensuite aux individus plus petits (fig. 3).

On peut conclure de cette étude que le concept de pêche en rotation est avantageux car il accroît les prises globales et le taux de capture. Des travaux antérieurs menés par Robinson et Rowell (1990) ont montré que la population de myes est soumise pendant la pêche à un taux de mortalité incidente notable (mortalité des animaux laissés dans le gisement après l'opération). Selon la période de l'année et le type de sédiment, le taux de mortalité incidente peut atteindre 50 %. Si ce taux de mortalité était relativement faible dans notre étude (étant donné l'égalité relative des quantités totales prélevées), il faut dire que l'opération a été menée dans un certain type de sédiment et à une période de l'année où on peut prédire

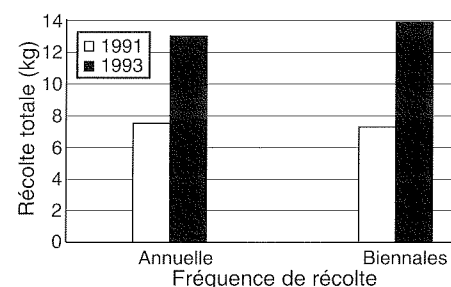


Figure 2 : Poids total des myes récoltées dans les parcelles annuelles (2 récoltes) et biennales (une récolte) entre 1991 et 1993. Les récoltes de départ faites en 1991 dans chacune des parcelles sont indiquées, de sorte que les barres sombres représentent la nouvelle production des parcelles de 1991 à 1993.

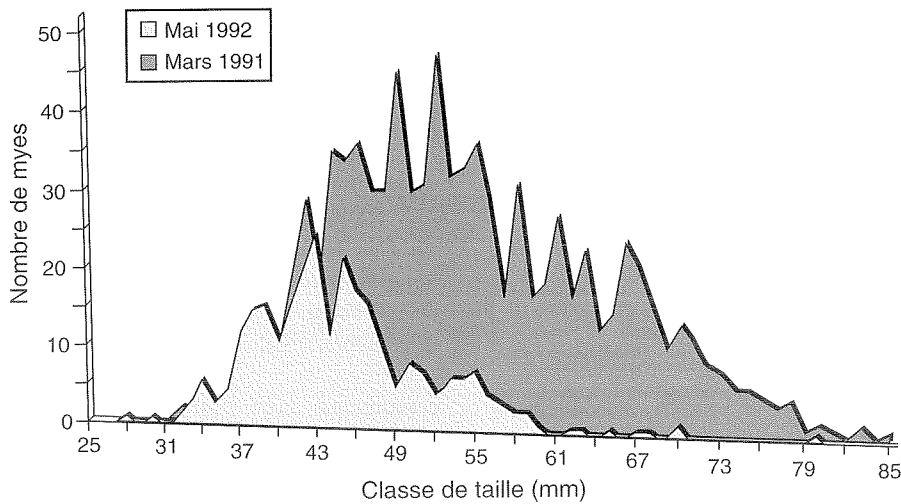


Figure 3 : Comparaison et distribution de fréquence des tailles entre la récolte initiale de 1991 et la première récolte annuelle en 1992.

que la mortalité sera plus faible. Donc, si la pêche avait eu lieu à un autre moment de l'année, les résultats auraient pu être plus défavorables.

Comme l'indique le tableau 1, l'un des problèmes de cette technique est que la superficie exploitée doit être au moins deux fois plus grande qu'en temps ordinaire si l'on veut maintenir le niveau des débarquements. Nous n'avons pas pu mettre à l'essai la récolte triennale, mais cette technique demanderait une superficie trois fois plus grande. À l'heure actuelle, étant donné les fermetures de certains gisements, il faudrait que ce type de gestion, pour être efficace, soit utilisé conjointement avec d'autres méthodes.

### Clayonnage

Le concept du clayonnage ou « brushing » est le fruit des premières observations des pêcheurs de myes sur les plages. Les pêcheurs ont remarqué que les myes se rassemblent souvent autour des obstacles, comme les billots ou les rochers. À la fin des années 50, selon le témoignage orale, des pêcheurs de myes du Maine ont essayé d'installer de vieux arbres de Noël sur la plage pour accroître l'installation des myes sur le fond, méthode qu'ils ont appelée « brushing ». Le fondement théorique de cette technique est le fait que les obstacles présents à la surface de la plage causent de la turbulence dans la colonne d'eau au passage de la marée. Cette turbulence permet aux larves présentes dans la colonne d'eau et prêtes à descendre de se trouver plus

fréquemment en contact avec le fond. Si le fond leur convient, les larves vont s'y installer. Ce concept a été repris à l'été 1990 par des membres de l'industrie dans les régions de Lepreau et de Deer Island, et un site expérimental a été établi dans chacune. Chaque site consiste en deux séries répétées de quatre parcelles de 5 x 5 m. Dans la première des quatre parcelles, on a construit une petite claie (1 m de largeur x 0,5 m de hauteur), barrière faite de lattes fixées sur des poteaux à intervalles de 5 cm (fig. 4). La seconde parcelle avait une claie identique, mais on avait aussi recouvert sa surface de coquilles écrasées. La troisième parcelle comportait une claie plus une couche de gravier en surface. La quatrième parcelle a été laissée intacte pour servir de témoin. Les parcelles ont été créées en mai 1990 (avant la saison de ponte), et elles ont été échantillonnées en février, juin et août 1991. L'expérience a été répétée en 1992 à la demande de l'industrie, mais dans des endroits différents, et on a éliminé la combinaison claie-couche de coquilles écrasées. On a échantillonné les parcelles pour déterminer l'installation des larves et leur survie subséquente en prélevant des carottes de sédiment et en triant les échantillons au laboratoire. Pour récupérer les petits bivalves présents dans le sédiment, on a mis au point une technique de flottation (Robinson et Chandler, 1992), qui a permis d'obtenir un résultat de près de 100 %.

Les résultats des essais de 1990 n'étaient pas concluants. Au site de Clam Cove, à

Deer Island, les parcelles expérimentales ont été recouvertes d'une couche de coquilles écrasées d'environ 10 cm d'épaisseur. On a fait la même chose pour les parcelles expérimentales couvertes de gravier. Le sédiment sous-jacent est devenu anoxique, et il a été impossible aux larves de s'installer dans ces parcelles. Le partenaire industriel de Deer Island a perdu tout intérêt dans le projet, et le site a été abandonné. Par contre, au site de Lepreau, les échantillons prélevés en février 1991 ont révélé des différences notables dans l'installation des larves. Les naissains étaient au moins deux fois plus nombreux dans les parcelles expérimentales que dans les parcelles témoins (fig. 5). Cette différence a persisté dans les échantillons de 1991. Toutefois, la distribution de la densité des myes d'une parcelle à l'autre s'est modifiée après la saison d'été, d'après les échantillons prélevés en août.

En 1992, deux autres sites ont été choisis par les membres de l'industrie, l'un à Northern Harbour, sur Deer Island, et l'autre à Lepreau, à 1 000 m environ à l'est du site de 1990. Des carottes ont été prélevées par les mêmes méthodes qu'en 1990. Les résultats indiquent qu'il n'y a pas eu d'installation des larves à Lepreau au site de 1992, mais les différences restaient notables à l'emplacement de la parcelle témoin de 1990 et de la parcelle expérimentale avec claie et gravier (les autres parcelles expérimentales de 1990 avec claies semblent avoir été détruites par les glaces) (fig. 6). Au site de Northern Harbour, à Deer Island, le taux d'installation des larves était faible par rapport aux autres sites, et il n'y avait pas de différence significative entre les parcelles expérimentales et les parcelles témoins.



Figure 4 : Vue des claies installées pour les expériences menées à Lepreau, avec M. Steven Lomax

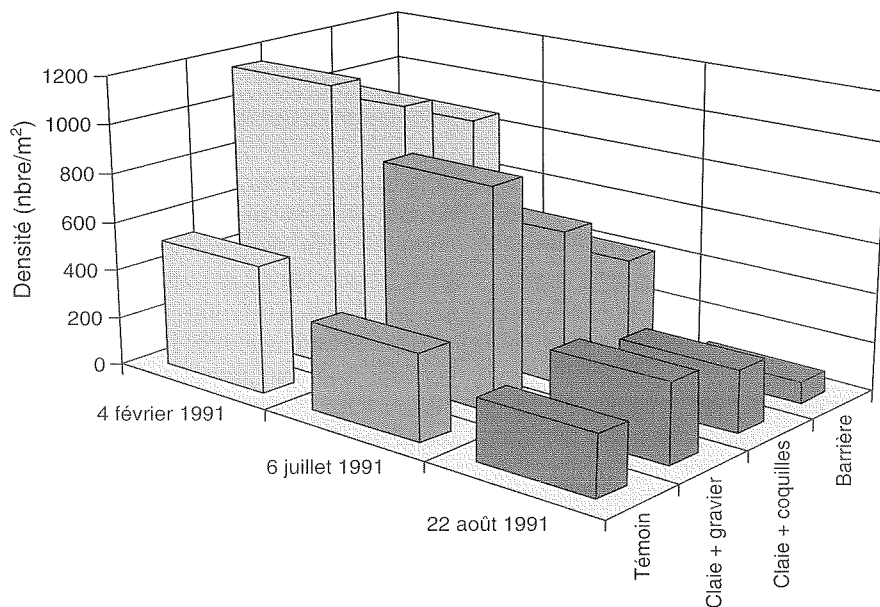


Figure 5 : Densité moyenne des myes juvéniles à partir des carottes prélevées dans les parcelles expérimentales et témoins en février, juin et août 1991.

Les résultats obtenus sur deux ans indiquent donc qu'il est possible d'accroître le taux d'installation des larves naturelles, ce qui peut donner une plus grande quantité de naissains. Toutefois, quand on a déterminé le nombre de naissains plus tard dans l'année, il est apparu que d'autres processus biologiques entraient en jeu, à part le simple nombre de larves mises en contact avec le fond. L'addition de coquilles écrasées et de gravier sur le fond a accru les taux d'installation des larves par rapport aux parcelles témoins ou dotées simplement de claies, mais seulement jusqu'à un certain point. La présence d'une couche superficielle trop épaisse peut empêcher totalement l'installation des larves. Les caractéristiques des sédiments jouent aussi un rôle. Le site de Lepreau en 1990 convenait bien à l'établissement des larves, d'après les densités observées, et cet état de choses s'est maintenu. Toutefois, le site choisi à Lepreau en 1992 était beaucoup plus sablonneux que le précédent, et celui de Deer Island avait une base de gravier couverte d'une couche de vase gélatineuse. Ces deux types de sédiments étaient néfastes tant pour l'installation sur le fond que pour la survie ultérieure. Il apparaît donc en conclusion que la technique de clayonnage peut avoir certaines applications dans des habitats donnés, mais qu'elle ne peut être employée pour ensemercer une plage qui présente des caractéristiques peu propices à l'installation des larves de myes sur le fond.

### Reparcage

À l'heure actuelle, la seule méthode pour rendre à la production des plages qui ont été fermées à cause de la contamination par les coliformes passe par la dépuración. Pour cela, il faut que les myes soient récoltées par des pêcheurs enregistrés et amenées à une installation terrestre où les coquillages sont placés en bassins alimentés en eau propre, ce qui leur permet de se nettoyer. Il est aussi possible de déplacer les animaux d'une zone contaminée à une plage ouverte et propre où ils pourront se nettoyer tous

seuls. Cela permettrait de faire appel à un plus grand nombre de pêcheurs pour récolter les myes, et aussi de remettre en production des zones fermées. Pour mettre à l'essai cette idée, on a lancé un projet visant à reparquer des myes provenant d'une zone fermée de Grand Manan (Woodwards Cove) dans une zone ouverte (passage de Ross Island) (fig. 7).

Les myes ont été récoltées à Woodward's Cove pendant la première semaine de septembre 1993 à l'aide d'un râteau hydraulique raccordé par un tuyau d'incendie de 2 pouces (50 mm) à une pompe à eau automatique à turbine Briggs et Stratton de 5 HP (fig. 8). Plus de 92 000 myes ont été récoltées, triées et classées en trois catégories de taille : petites (<15 mm), moyennes (15-30 mm) et grosses (>30 mm). Les myes ont ensuite été transportées au passage de Ross Island et semées à la volée dans des parcelles déjà prospectées et définies de 10 x 10 m, à une densité de 75 au m<sup>2</sup>. La densité de départ des myes (d'après la prospection) a été estimée à 25 au m<sup>2</sup>, et la densité finale des myes dans les parcelles devait donc être de 100 au m<sup>2</sup>. On a ensuite échantillonné les parcelles environ 6 semaines puis 7 mois plus tard pour étudier la survie des myes transplantées. Pour le calcul, on a posé une mortalité nulle pour les myes déjà présentes sur la plage, et on a calculé la survie des myes introduites (à 75/m<sup>2</sup>). Nous avons employé cette méthode car nous

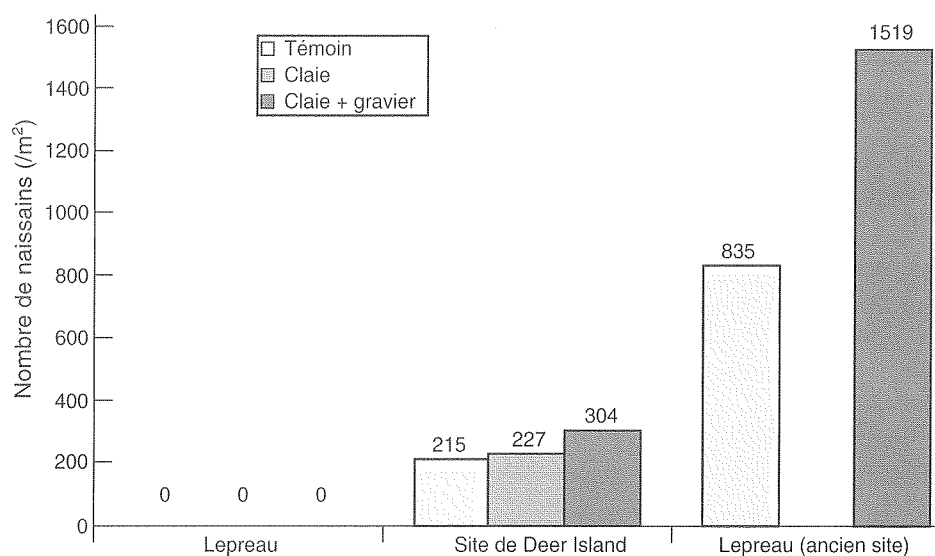


Figure 6 : Densité moyenne des myes juvéniles dans les carottes prélevées dans les parcelles expérimentales et témoins à Lepreau et à Deer Island en 1992. Les échantillons prélevés en 1992 à l'ancien site de Lepreau (échantillonné au départ en 1990-1991) sont ici à titre de référence.

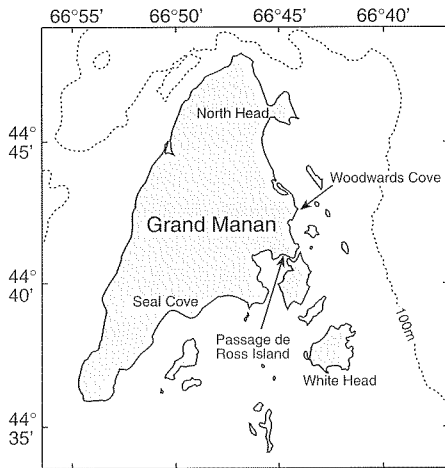


Figure 7 : Emplacement des sites du projet de reparcage à Grand Manan, où les myes ont été récoltées (Woodwards Cove) et où elles ont été transplantées (passage de Ross Island).

considérations que la plus grande partie des pertes toucherait les nouvelles myes pendant leur processus d'enfouissement.

Des échantillons de myes ont été prélevés aux deux points d'échantillonnage en septembre et en octobre en vue de mesurer l'élimination des bactéries coliformes fécales. Des échantillons ont été analysés au laboratoire de microbiologie de la Direction de l'inspection, ministère des Pêches et des Océans, à Blacks Harbour. L'effet du reparcage des myes provenant d'une zone fermée dans une zone ouverte et propre a eu un effet spectaculaire sur le nombre de coliformes fécaux (fig. 9). De 2, 400 coliformes pour 100 g de chair de mye en septembre, le nombre est tombé à 45 coliformes pour 100 g six semaines plus tard, en octobre, sur le site ouvert. Ce niveau est nettement inférieur à la limite légale pour la pêche. Au site témoin (Woodwards Cove), le nombre de coliformes avait aussi baissé, mais il se



Figure 8 : La récolteuse hydraulique employée pour pêcher les myes en vue du projet de reparcage.

situait à 790 coliformes fécaux pour 100 g de chair de mye, ce qui est trois fois plus élevé que la limite acceptable.

Le taux de survie des myes reparquées était plutôt élevé. Malgré une chute de 40 % du nombre des petites myes sur la période de 7 mois, qui est passé de 75/m<sup>2</sup> à environ 45/m<sup>2</sup>, la survie des myes moyennes et grosses était très bonne (entre 90 % et 100 %).

L'aspect économique de l'opération de transplantation de la zone fermée à la zone ouverte est aussi très favorable. Le reparcage de plus de 92 000 myes a coûté 1 116 \$, soit 93 heures de travail à 12 \$ de l'heure. Cela correspond à un coût de 2 à 3 cents par mye reparquée, selon que l'on tient compte ou non du coût d'investissement de l'engin. Si les myes reparquées (d'après la taille moyenne) avaient un taux annuel de survie de 70 % et atteignaient la taille légale de 44 mm (1,75 po), la récolte reparquée vaudrait 3 150 \$. Donc, si les myes étaient récoltées après avoir été reparquées, le profit de l'opération serait de 199 \$ lorsqu'on inclut le coût de l'engin, ou de 1 489 \$ lorsqu'on ne l'inclut pas. Dans ce dernier cas, cela revient à créer des emplois valant 10,79 \$ de l'heure. La valeur de la ressource (rentabilité) était d'environ 2:1 à 3:1 par rapport au coût de reparcage des animaux provenant de la zone fermée.

Dans l'ensemble, le projet a donné de

bons résultats. Le prélèvement des myes de la zone fermée (Woodwards Cove) n'a pas été particulièrement difficile et, bien qu'il soit possible d'améliorer l'efficacité de la récolte avec le râteau hydraulique, l'opération s'est très bien déroulée. Les taux de mortalité par écrasement ou bris des coquilles sont apparemment très bas. À Woodward's Cove, le substrat peut être décrit comme un limon sableux. Donc, selon le substrat, ce type de récolteuse est celui qui convient probablement le mieux pour la mye, si on le compare au pêche-coque traditionnel, qui est relativement inefficace et cause beaucoup plus de dommages. Bien que nous ayons effectué un seul essai de reparcage, les résultats obtenus confirment que ce type d'opération a du potentiel, et que d'autres initiatives en ce sens doivent être soutenues. Avec un nombre suffisant d'essais réussis, nous pourrions avoir un dossier solide pour intégrer cette stratégie dans le plan de gestion de la mye. Cette approche ne peut toutefois fonctionner que s'il existe suffisamment de plages propres. La valeur des plages ouvertes va monter, et il y aura donc davantage d'incitations à les maintenir ouvertes.

### Conclusions

Les efforts de valorisation déployés jusqu'à maintenant semblent tous avoir donné certains résultats positifs. La plupart des essais ont été réalisés à l'échelle expérimentale, et il est maintenant temps de les porter au niveau de projet pilote. Ce

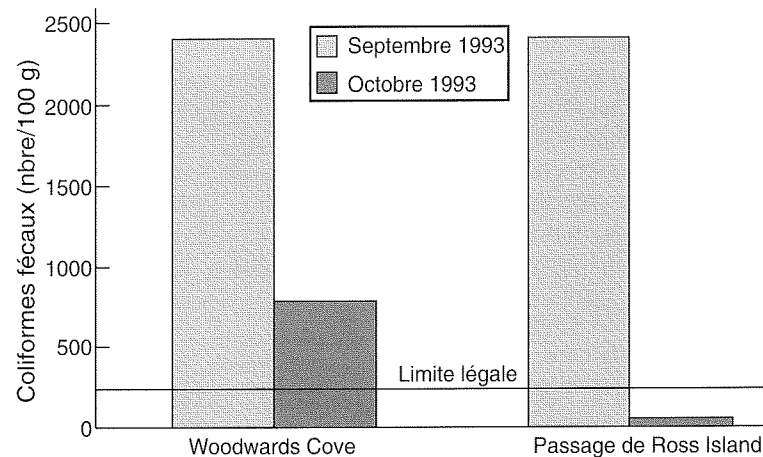


Figure 9 : Nombre de bactéries coliformes fécales pour 100 g de tissu de myes provenant de la plage fermée (Woodwards Cove) et de la plage de reparcage (passage de Ross Island), échantillonnées en septembre et octobre 1993. Une ligne indique le nombre légal maximum de coliformes fécaux dans les tissus de mye.

sont toutefois des membres de l'industrie et des communautés locales qui doivent en prendre l'initiative. La valorisation des stocks de myes semble réalisable, mais cela implique un changement dans la philosophie du mode d'exploitation et de gestion de ces stocks. Dans les deux cas du clayonnage et du reparcage, il est nécessaire d'engager des ressources avant d'aboutir à la récolte. Sans un esprit de rapprochement et de collaboration dans l'industrie, aucune de ces méthodes ne peut être employée, car personne ne voudra faire tout le travail sans avoir la garantie d'en tirer un certain profit. C'est là le défi que doivent relever les communautés et les gestionnaires de la ressource.

### Remerciements

C'est grâce aux idées et aux efforts de nombreuses personnes que ces études ont

pu être menées à bien. Les membres de l'industrie qui ont fait des démarches et travaillé sur les projets sont : Steven et Roger Lomax, de Lepreau; Grant Linton et Albion Leslie, de Grand Manan; Marvin Neuman, Ken Stuart et Harvey Richardson, de Deer Island; enfin, Randy et Wanda Huber, de St. Stephen. L'échantillonnage et l'analyse ont été effectués à la Station de biologie de St. Andrews par Ross Chandler, Jim Martin, Bruce Thorpe, Julia Wildish et Ken Beaton, et nous les remercions de leurs efforts et de leur diligence. Certains des projets ont été financés dans le cadre de l'Entente de coopération entre le Canada et le Nouveau-Brunswick, par l'intermédiaire du Community Futures Office du comté de Charlotte, à St. Andrews. Sharon Ford et Margie Ross ont joué un rôle extrêmement précieux dans l'administration de ces projets et le

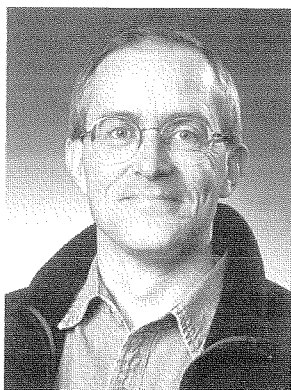
règlement de tous les problèmes qui ont accompagné leur réalisation. La Direction de l'inspection à Blacks Harbour (D. Doncaster, S. Eddy et J. Hawkins) a généreusement apporté l'aide technique nécessaire pour le travail sur le dénombrement des coliformes.

### Références

- 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, 1758. *J. Shellfish Res.* 9:283-289.
- ROBINSON, S.M.C. and R.A. CHANDLER. 1992. An effective and safe method for sorting small molluscs from sediment. *Limnol. Oceanogr.* 38(5): 1088-1091.

## Colloïdes, carbone et contaminants dans les eaux côtières

P.E. Kepkay, S.E.H. Niven



P.E. Kepkay



S.E.H. Niven

### Les colloïdes marins - un réservoir planétaire de carbone réactif

La fraction colloïdale de carbone organique dans les océans du monde constitue l'un des plus grands réservoirs de carbone de la planète, dépassant considérablement en quantité le carbone « vivant » emmagasiné dans la biomasse du phytoplancton, du macrobiote (toutes les

espèces commerciales), du zooplancton et des bactéries (fig. 1). À l'échelle planétaire, cette réserve de particules minuscules (submicroniques) et d'agrégats est énorme : elle équivaut environ au carbone emmagasiné dans la biomasse combinée des forêts tempérées et tropicales (Hedges, 1987; Kepkay, 1994).

En plus du fait que ce carbone organique colloïdal (COC) forme une partie

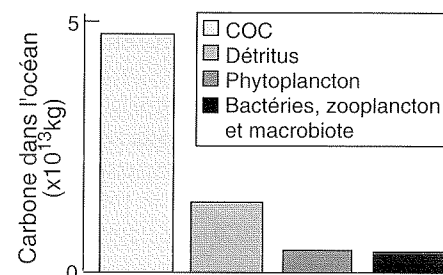


Figure 1 : Carbone organique colloïdal (COC), carbone détritique et les trois sources majeures de carbone « vivant » (phytoplancton, macrobiote, zooplancton et biomasse bactérienne) dans les océans du monde. Le COC est défini uniquement en fonction de la taille et est constitué de particules et d'agrégats de carbone organique dont le diamètre se situe entre 0,001 et 1 mm

importante du bilan du carbone océanique et planétaire, une portion substantielle de ce COC est réactif et est dégradée par la respiration, d'où une libération de carbone sous forme de CO<sub>2</sub> (Amon et Benner, 1994; Kepkay, 1994). La respiration des bactéries et d'autres membres de la communauté microbienne est particulièrement intense



quand les colloïdes sont agglutinés en agrégats par la turbulence océanique (Kepkay, 1994). Le COC qui échappe à la respiration migre sous forme d'agrégats dans les profondeurs de l'océan.

À l'échelle planétaire, cette migration vers les profondeurs du carbone agrégé est un élément clé de la « pompe biologique » (Longhurst et al., 1995) qui absorbe le CO<sub>2</sub> atmosphérique à la surface de l'océan et l'emmagasine sous forme de carbone organique « fixé » dans les profondeurs. La production d'agrégats à partir de colloïdes constitue un mécanisme de concentration des contaminants chimiques (Niven et al., 1995) et est l'une des principales voies de transport de ces contaminants entre la surface et les eaux profondes.

### Production et dégradation des colloïdes

Un certain nombre de processus biologiques et physiques contribuent à la production de colloïdes marins (Niven et al., 1995), mais l'excrétion de polymères par le phytoplancton est l'une des voies de production de COC les plus directes. Une fois libérés, ces exopolymères peuvent prendre de nombreuses formes (Hoagland et al., 1993), mais ils prennent le plus souvent la forme de microfibrilles de polysaccharides (fig. 2). On pense que les microfibrilles demeurent dans la fraction colloïdale (submicronique) pour seulement une courte période (heures ou jours) parce qu'elles sont agrégées par la turbulence pour former des particules

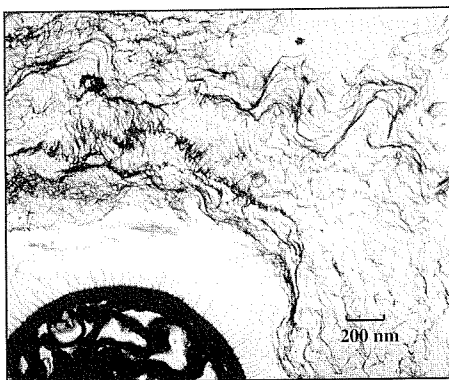


Figure 2 : Photographie au microscope électronique à transmission (gracieusement fournie par G.G. Leppard, Environnement Canada) du bord d'une cellule phytoplanctonique libérant des microfibrilles de matière organique colloïdale.

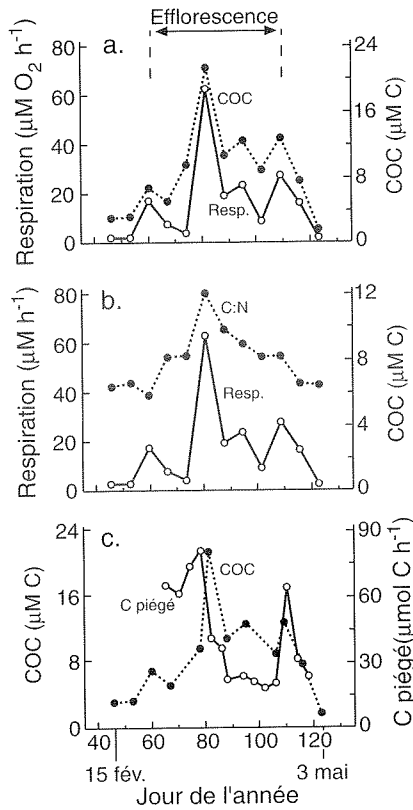


Figure : 3a. Respiration et carbone organique colloïdal (coc) à une profondeur de 5m durant l'efflorescence printanière de 1995 dans le bassin de Bedford. b. Respiration et le rapport carbone/azote de la matière organique totale (MOT) à la même profondeur. c. Carbone organique colloïdal (coc) à 5m et le taux de transport de carbone dans un piège à sédiments placé à 15m de profondeur.

exopolymériques transparentes (PET). Cette agglutination des fibrilles en agrégats de même que la respiration bactérienne (Amon et Benner, 1994; Kepkay, 1994) ont pour effet de chasser le COC des eaux de surface. Toutefois, la respiration est le principal processus biologique régulant la production nette de COC, c'est-à-dire la quantité restante qui migrera vers les profondeurs.

### L'efflorescence printanière dans le bassin de Bedford - une étude de cas

Au printemps de 1995, on a entrepris une étude conjointe de la prolifération annuelle de diatomées dans le bassin de Bedford pour déterminer le rôle des colloïdes dans le transport du carbone et des contaminants. Durant l'efflorescence, la respiration (principalement par les bactéries) était étroitement liée à la production de COC par les diatomées (fig. 3a). Comme Benner et

al. (1992) l'ont souligné, la forte teneur en polysaccharides et en carbone du COC influe grandement sur le cycle du carbone et sur le rapport entre les quantités de carbone et d'azote (ratio C:N). Cela était certainement vrai dans le cas de la prolifération, où la libération de COC par les diatomées a fait initialement monter le ratio C:N (fig. 3b); plus tard, le ratio a été abaissé par la respiration (fig. 3b) et par la migration des colloïdes agrégés vers les eaux profondes (fig. 3c). Les résultats de travaux utilisant des pièges à sédiments (Cranford, 1995) laissent entendre que les pétoncles se sont alimentés davantage durant l'efflorescence, quand la migration

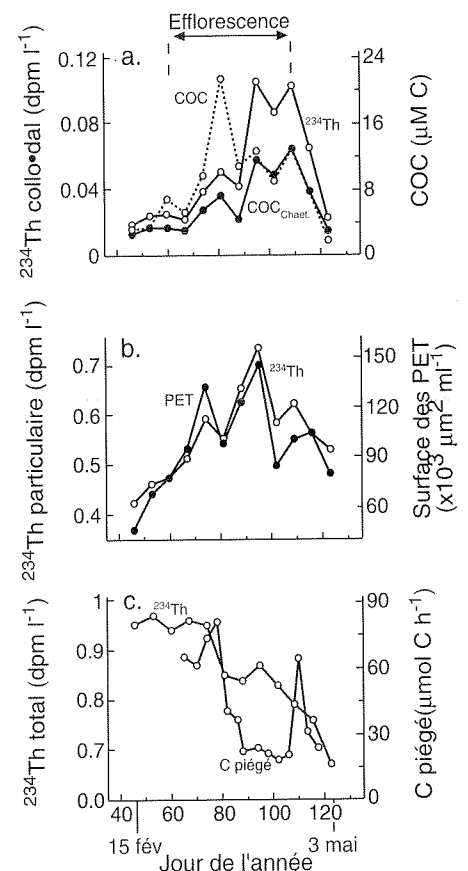


Figure : 4a. <sup>234</sup>Thorium (<sup>234</sup>Th) colloïdal et carbone organique colloïdal (COC) à une profondeur de 5 m durant l'efflorescence printanière de 1995 dans le bassin de Bedford. L'association entre le <sup>234</sup>Th colloïdal et le COC était particulièrement étroite dans la dernière partie de l'efflorescence, quand la production de colloïdes par *Chaetoceros socialis* (COC<sub>Chaet.</sub>) était à son maximum. b. <sup>234</sup>Th particulaire et surface des PET à la même profondeur. c. Diminution de l'activité totale du <sup>234</sup>Th à 5 m et taux de transport du carbone dans un piège à sédiments à 15 m.

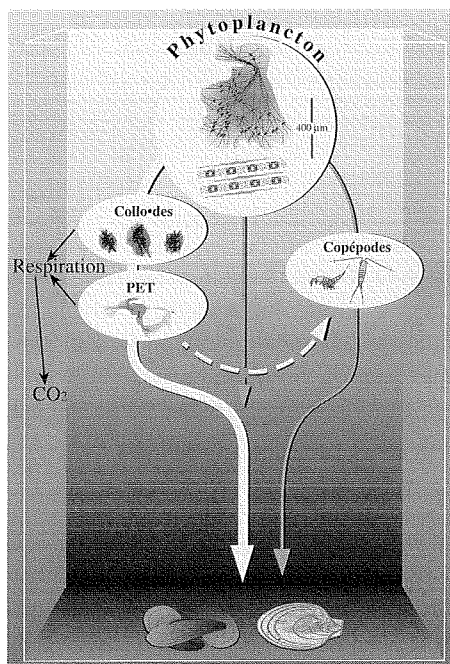


Figure 5. Illustration des relations entre la production de colloïdes par le phytoplancton (diatomées), l'agrégation des colloïdes donnant lieu à la formation de particules exopolymériques transparentes (PET), la respiration (produisant du CO<sub>2</sub>) et les voies possibles de consommation des colloïdes agrégés par le zooplancton (copépodes) et les mollusques benthiques (pétoncles et moules).

des agrégats vers le bas dans les pièges était à son maximum (fig. 3c). Cela signifie que les colloïdes peuvent être une source de nourriture pour une espèce de mollusque ayant une grande valeur commerciale.

Les résultats de mesures de l'isotope naturel <sup>234</sup>thorium (<sup>234</sup>Th) - un traceur des agrégats marins et un analogue des contaminants chimiques (Niven et al., 1995) - laissent entendre que les colloïdes agrégés peuvent aussi avoir été un vecteur primordial du transport de contaminants vers les pétoncles (fig. 4). La libération de COC par les diatomées, particulièrement du COC associé à *Chaetoceros socialis* (fig. 4a), a eu pour effet de faire passer le <sup>234</sup>Th de la fraction en solution à la fraction colloïdale. L'agrégation des colloïdes et la formation de PET ont fait passer le <sup>234</sup>Th colloïdal à une classe de taille encore supérieure, soit la fraction particulaire (fig. 4b). Une fois que le <sup>234</sup>Th a atteint la fraction particulaire, il a quitté les eaux de surface pour précipiter dans les pièges à sédiments, ce qui a eu pour résultat une baisse globale du <sup>234</sup>Th total (fig. 4c).

## Les colloïdes - une source d'aliments ou de contaminants pour les pêches benthiques?

Le COC peut être une importante source alimentaire pour les mollusques filtreurs ou même pour le zooplancton (fig. 5), mais d'abord, les colloïdes sont dégradés par la respiration des bactéries et d'autres membres de la communauté microbienne. Ce n'est qu'après ce processus que les colloïdes résiduels encore présents sous forme d'agrégats deviennent accessibles aux filtreurs. Vu la taille énorme du stock de COC dans l'océan (fig. 1), une quantité substantielle de carbone pourrait entrer dans les ressources halieutiques benthiques. C'est là clairement un résultat positif de la production de colloïdes par les diatomées, mais, en même temps, l'agrégation des colloïdes peut aussi introduire des contaminants dans ces ressources. Ce rôle double des colloïdes dans le maintien des ressources vivantes traditionnelles et cultivées n'a pas été incorporé dans les modèles actuels de l'aquaculture ou de gestion de la zone côtière. On devra certainement se pencher sur cette question à l'avenir.

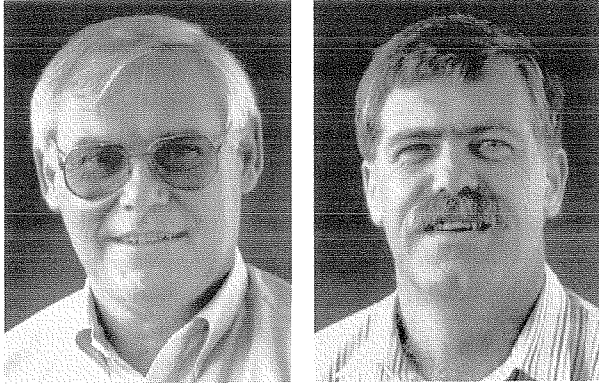
## Références

- ALLDREDGE, A.L., U. PASSOW and B.E. LOGAN. 1993. The abundance and significance of a class of large transparent organic particles in the ocean. *Deep-Sea Res.* 40: 1131-1140.
- AMON, R.M.V. and R. BENNER. 1994. Rapid cycling of high-molecular-weight dissolved organic matter in the ocean. *Nature* 369: 549-552.
- BENNER, R., J.D. PAKULSKI, M. McCARTHY, J.I. HEDGES and P.G. HATCHER. 1992. Bulk characteristics of dissolved organic matter in the ocean. *Science* 255: 1561-1564.
- CRANFORD, P.J., W.P. VASS and D.P. REIMER. 1995. HABITRAP: A new in situ technique using shellfish for monitoring biological effects of anthropogenic and natural changes in the coastal environment. *Proc. 1995 Canadian Coastal Conf.* 1: 171-185.
- HEDGES, J.I. 1987. Organic matter in seawater. *Nature* 330: 205-206.
- HOAGLAND, K.D., J.R. ROSOWSKI, M.R. GRETZ and S.C. ROEMER. 1993. Diatom extracellular polymeric substances:

- Function, fine structure, chemistry and physiology. *J. Phycol.* 29: 537-566.
- KEPKAY, P.E. 1994. Particle aggregation and the biological reactivity of colloids. A review. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 109: 293-304.
- LONGHURST, A., S. SATHYENDRANATH, T. PLATT and C. CAVERHILL. 1995. An estimate of global primary production in the ocean from satellite radiometer data. *J. Plankton Res.* 17: 1245-1271.
- NIVEN, S.E.H., P.E. KEPKAY and A. BORAIE. 1995. Colloidal organic carbon and colloidal <sup>234</sup>Th dynamics during a coastal phytoplankton bloom. *Deep-Sea Res.* II 42: 257-273.
- PASSOW, U., A.L. ALLDREDGE and B.E. LOGAN. 1994. The role of particulate carbohydrate exudates in the flocculation of diatom blooms. *Deep-Sea Res.* 41: 335-357.

# Contributions de la géoscience marine à la gestion intégrée des zones côtières

D.B. Prior, R.A. Pickrill



D.B. Prior

R.A. Pickrill

## Introduction

Un peu partout au monde, les zones côtières sont soumises à un nombre croissant de pressions attribuables à la croissance rapide de la population et à la diversification de l'utilisation des ressources. Les processus naturels qui s'exercent sur ces zones varient eux aussi. L'intensité et la fréquence de ces variations se produisent sur une grande magnitude; qu'on pense par exemple aux courtes tempêtes violentes ou aux variations relatives à long terme du niveau des mers.

Les stratégies d'exploitation durable des ressources comportent l'aménagement des régions côtières, notamment la conception, la construction et l'entretien des ouvrages côtiers requis. On s'est entendu, lors de la Conférence mondiale sur les côtes (World Coastal Conference, 1993) pour définir la gestion intégrée des zones côtières (GIZC) comme l'évaluation globale, l'établissement d'objectifs, la planification des ressources et des systèmes côtiers... un processus continu et évolutif permettant d'atteindre le développement durable. Un développement sera « durable » dans la mesure où l'on s'engage précisément à gérer les ressources et les régions côtières d'une façon écologiquement responsable. La préservation de la qualité environnementale pour les générations futures passe par l'application de mesures

correctives visant à réparer les torts déjà causés et la prise de décisions éclairées pour réduire les répercussions néfastes et, le cas échéant, définir les risques et en tenir compte.

Avant de pouvoir prendre des décisions rationnelles en matière de politique et élaborer des plans à la lumière de ces décisions, il faut disposer d'une base d'information scientifique. Une récente commission d'étude sur les océans (1992) a affirmé, dans son rapport sur les politiques maritimes, que si l'on veut que nos décisions soient utiles, elles doivent être conformes aux meilleures données disponibles sur le fonctionnement du système, dans son ensemble, c'est-à-dire sur ses caractéristiques physiques, chimiques, géologiques et biologiques. Par ailleurs, un rapport sur les sciences, les politiques et la zone côtière publié en 1995 par le Conseil national de recherche est d'avis qu'il faut intensifier les liens entre les chercheurs en sciences naturelles et en sciences sociales, ainsi qu'entre les gestionnaires et les responsables de la mise en application des politiques, et ce à tous les niveaux, parce que certains échecs sont attribuables à une non-utilisation des connaissances scientifiques disponibles.

À cet égard, diverses disciplines scientifiques et organismes scientifiques se

doivent de préciser clairement leur contribution théorique, pratique (base de données) et technologique à la GIZC, ainsi que les possibilités de synergie et de liens multidisciplinaires. La discussion qui suit vise à présenter quelques-unes des principales contributions de la géoscience marine en général - et plus particulièrement de la géoscience marine canadienne - à la GIZC et à donner un aperçu des recherches projetées dans le Programme d'étude marine de la Commission géologique du Canada.

## Systèmes côtiers

En termes de fonctionnement, d'aménagement et de caractéristiques scientifiques, on doit considérer les zones côtières comme des systèmes complexes au sein desquels les facteurs naturels et les facteurs socio-économiques sont en actions réciproques constantes (Van der Weide, 1993; der Vrees et al., 1995). L'utilisation

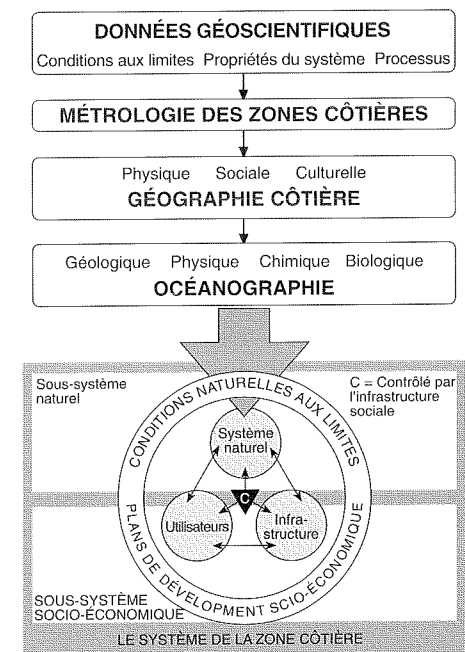


Figure 1 : La zone côtière : un système. Rôle de la géoscience dans la gestion d'une zone côtière (d'après Der Vrees et Van Urk, 1995).

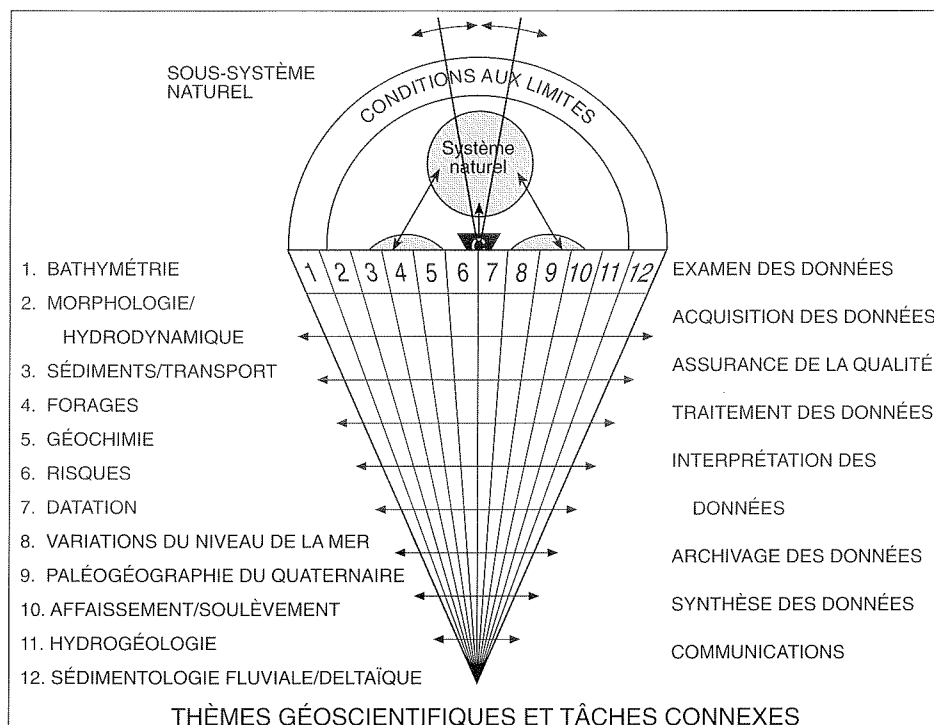


Figure 2 : Connaissances géoscientifiques par thèmes et gestion de données nécessaires à une GIZC efficace.

d'une approche globale facilite la détermination, la mesure et la modélisation du comportement d'un système, et permet de porter une attention particulière aux interactions entre ces facteurs naturels et socio-économiques (fig. 1). Les plans de développement socio-économique pour une région côtière portent sur des fonctions d'utilisation telles que la production alimentaire, l'approvisionnement énergétique, l'approvisionnement en eau, le logement et les activités récréatives ainsi que le développement des activités industrielles et économiques. Toutes ces fonctions doivent s'accompagner d'une infrastructure (p. ex. voies de communication, ports, barrages) et d'institutions (p. ex. systèmes politiques, législatifs et financiers).

Concernant la GIZC, der Vrees et al., (1995) décrivent ainsi les facteurs naturels : tous les aspects « non humains » comme l'air, l'eau, les sédiments et les caractéristiques biologiques marines qui ont des interactions dynamiques complexes (aérodynamique, géodynamique, hydrodynamique, morphodynamique et écodynamique). On peut subdiviser encore la composante naturelle de la manière suivante :

- les conditions limites naturelles (comme l'état relatif du niveau de la mer ou les régimes climatiques),
- les propriétés du système (comme la bathymétrie côtière, la nature des sédiments, la fréquence des tempêtes, les ressources biologiques renouvelables et les ressources énergétiques et minérales non-renouvelables),
- les processus systémiques (comme le transport des sédiments ou le mécanisme de circulation tidale de l'eau).

Il est évident que, si l'on veut traiter de manière aussi complète des éléments naturels du système côtier (fig. 1), il faut faire intervenir les connaissances de plusieurs sciences naturelles comme l'océanographie (physique, chimique, biologique et géologique), la géographie côtière, la climatologie et la météorologie. Pour certains organismes, ces disciplines sont regroupées sous le terme de « géoscience », tandis que, pour d'autres, la géoscience désigne plus précisément la géologie, la géophysique et la géographie physique. Il est toutefois clair que l'approche systémique nécessaire à la GIZC nécessite des connaissances approfondies

des caractéristiques, des origines et du comportement des roches, des sédiments, des processus et des formes côtières (fig. 2). La GIZC sera facilitée par l'existence de connaissances de base sur les éléments des systèmes côtiers, parce qu'elles contribuent essentiellement :

- à la détermination des ressources non-renouvelables et de leur potentiel d'exploitation,
- à la reconnaissance et à la définition des impacts potentiels du développement sur l'environnement, en termes de santé et de sécurité humaine et de protection de l'habitat,
- à la reconnaissance et à la définition des contraintes au développement et des dangers surtout en terme de sécurité humaine et de risques techniques,
- à la compréhension des différences entre les changements environnementaux naturels et ceux qui résultent de l'activité humaine, grâce à la définition des conditions environnementales de base et à la surveillance des changements.

### GIZC et la Commission géologique du Canada

Le ministère des Pêches et des Océans (MPO) a, en vertu de la Loi sur les océans du Canada, un rôle national de chef de file dans la GIZC. On reconnaît que d'autres organismes à divers paliers du gouvernement ont des mandats en matière de sciences, de gestion et de technologie visant les zones côtières et marines et qu'ils ont les capacités pour y répondre. Ces organismes contribueront aux plans futurs de GIZC aux niveaux national et locaux. Par exemple, le ministère des Ressources naturelles (RNC) et la Commission géologique du Canada (CGC) sont les principales sources d'information en géoscience marine côtière pour le Canada grâce à leur programme scientifique national qui comprend des projets dans l'Atlantique, le Pacifique, l'Arctique et les Grands Lacs. Ce programme relève de deux divisions : CGC-Atlantique, située à l'Institut océanographique de Bedford à Dartmouth, et CGC-Pacifique, à l'Institut des sciences océanographiques de Sydney. Ces instituts interorganismes facilitent le

partage des ressources scientifiques et techniques et la réalisation de projets conjoints surtout entre le MPO et RNCan (CGC). Puisque seule une collaboration multidisciplinaire peut garantir une GIZC, il est évident qu'un nouvel élan dans le domaine de la GIZC au Canada permettra de renforcer les rapports existants entre le MPO et RNCan, le Programme de géoscience marine de la Commission géologique continuant de fournir des données géoscientifiques sur les régions côtières et hauturières.

### Les programmes de géoscience marine de la Commission géologique du Canada

Les îles et les régions côtières du Canada constituent près de 40 % de sa masse totale et renferment de précieuses ressources biologiques, minières et combustibles (hydrocarbures). Le Canada possède le trait de côtes le plus long du monde; bordé par les océans Atlantique, Arctique et Pacifique, avec en plus la région des Grands Lacs. Des secteurs importants des régions hauturières du Canada n'ont pas encore été aussi bien cartographiés qu'on pourrait s'y attendre compte tenu des moyens actuels; certaines limites de territoires n'ont été déterminées que provisoirement, le potentiel de ressources est mal défini et les connaissances environnementales sont incomplètes. Les nouvelles données obtenues grâce au Programme des géosciences marines de la CGC sont utilisées par une vaste gamme de clients : des industries du secteur des ressources marines et de l'environnement et d'autres organismes fédéraux et provinciaux qui ont des mandats en gestion ou en sciences.

Le Programme de géoscience marine de la CGC porte sur les problèmes de données géoscientifiques et les besoins d'obtention de ces informations, généralement sur une base régionale ou pour un processus donné; l'industrie s'en sert ensuite pour l'exploitation d'un site donné ou un organisme l'utilise pour résoudre un problème précis. Les projets de ce Programme sont effectués à des endroits précis, qu'il s'agisse d'expériences sur des processus ou de la démonstration de nouvelles capacités.

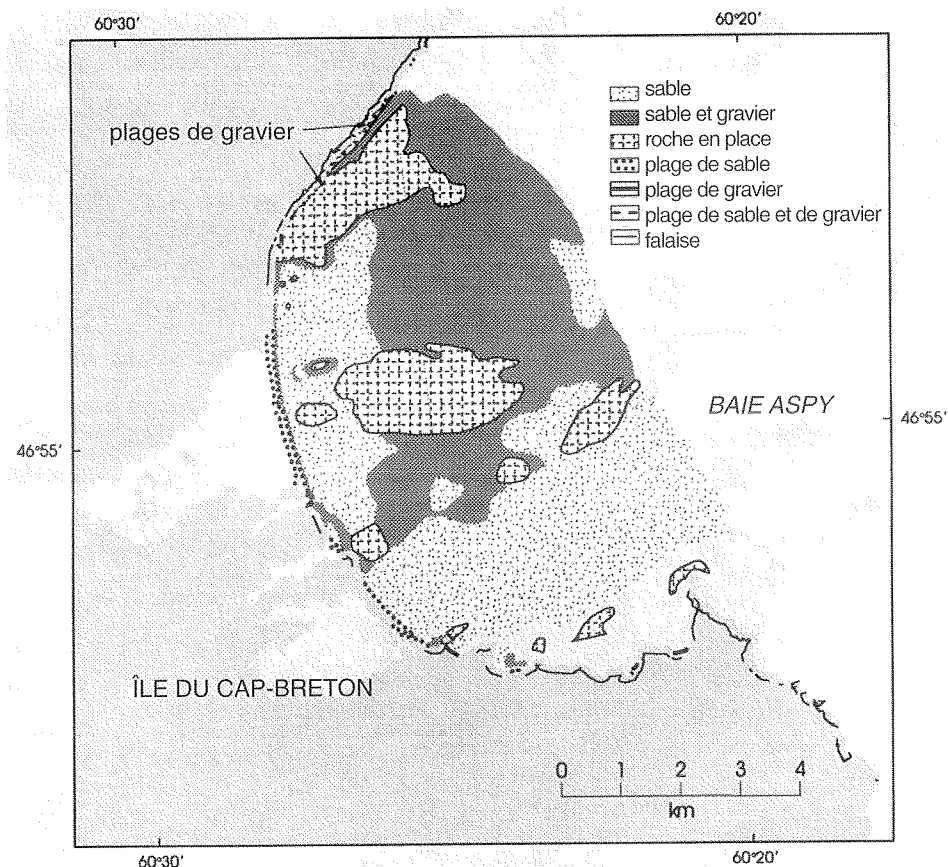


Figure 3 : Carte de la géologie de surface de la baie Aspy sur laquelle on a ajouté certains éléments du système d'information côtier de la CGC-Atlantique.

Le Programme permet d'obtenir des concepts scientifiques, des bases de données et des cartes interprétatives perfectionnées des côtes et des fonds marins du Canada. Cette information est utilisée par l'industrie (p. ex. pétrole et gaz naturel, levés, télécommunications, bureaux d'ingénieurs) pour l'évaluation de ressources, la sélection initiale d'un site d'exploration, la prise de décisions concernant l'examen détaillé d'un site et l'évaluation régionale des problèmes d'aménagement. En outre, les produits du Programme de géoscience marine de la CGC sont utilisés, à tous les paliers juridiques, pour l'élaboration de stratégies de régie en matière de règlement de conflits d'utilisation, de protection environnementale et de développement industriel - des composantes importantes d'une GIZC.

Le plan opérationnel du Programme porte simultanément sur les besoins actuels et sur les besoins futurs du Canada en informations sur les milieux et ressources

marins qui soit propre à la GIZC. Une mise en application flexible du Programme facilite le choix des ressources à déployer pour répondre aux besoins locaux, nationaux, immédiats ou prioritaires, comme les priorités actuelles pour les régions côtières, précôtières et riveraines densément peuplées et fortement développées. L'utilisation d'une approche opportuniste par étape (sur une période de deux à cinq ans) permet de consacrer des efforts modestes dans les régions éloignées. Par exemple, les travaux effectués dans l'Arctique et en eaux profondes - des régions quasi inconnues en termes de ressources - profitent des projets conjoints avec d'autres pays où sont mis en commun les ressources techniques et les navires. Les études à moyen terme (environ cinq ans) dans le domaine des ressources marines, par exemple l'exploration du pétrole et du gaz naturel en eaux profondes dans les régions pionnières et les minéraux hydrothermiques, misent sur des changements des économies et des techniques de production. La recherche à long

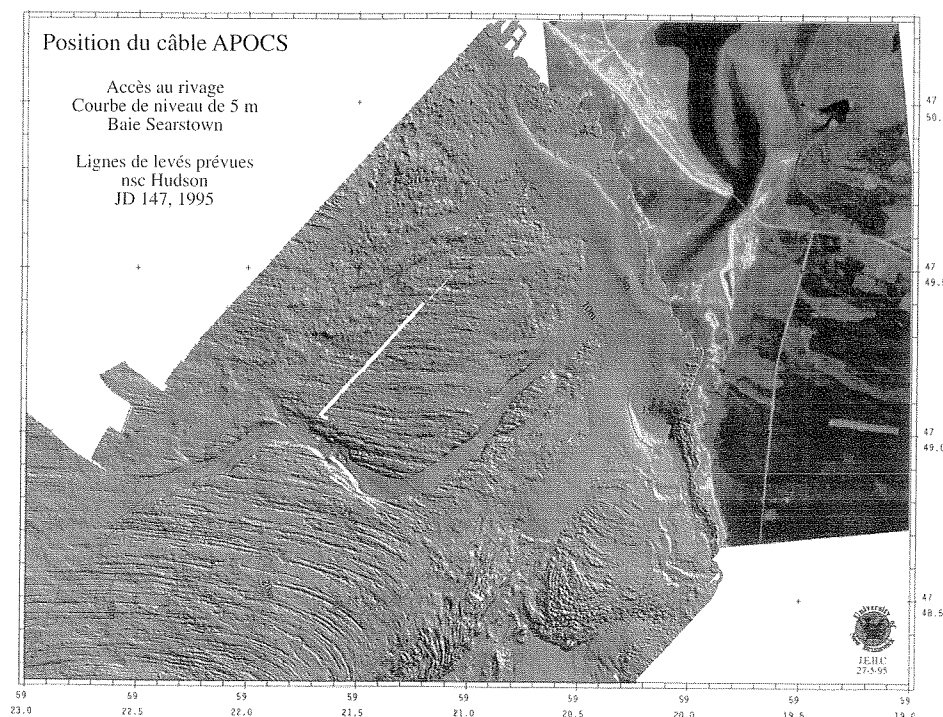


Figure 4 : Carte bathymétrique compilée à partir des données multifaisceaux de l'aboutissement proposé de la trajectoire du câble APOCS dans la baie Searstown à Terre-Neuve. Les fonds marins sont constitués essentiellement de roches en place à nu, traversées par un chenal fluvial relique (comblé de sédiments) creusé lorsque le niveau de la mer était plus bas. Ce chenal constituait une tranchée idéale pour protéger le câble.

terme (cinq à dix ans) portant sur les propriétés fondamentales des marges canadiennes et des territoires hauturiers permet de comprendre les processus qui sont à l'origine des continents et des bassins pour la modélisation des ressources, et les paléoenvironnements pour la modélisation du changement climatique.

Le programme de géoscience marine de la CGC comporte trois thèmes principaux :

- **Géoscience régionale** : vise à obtenir des données géologiques et géophysiques de base à diverses échelles permettant d'élaborer de nouveaux concepts d'évolution des marges continentales, notamment des processus qui s'exercent aux limites entre les plaques, des dorsales médio-océaniques (écartement) et de la formation des bassins. Le travail comprend des compilations de données géophysiques générales à l'échelle régionale en vue de pouvoir raffiner les modèles globaux, régionaux et locaux de l'évolution des marges; on tente de trouver des rapports entre l'évolution des marges

et les bassins qu'elles contiennent en vue d'en arriver à de nouveaux modèles des ressources en minéraux et en hydrocarbures.

- **Géoscience des ressources** : vise l'identification, la compréhension et l'évaluation des ressources non renouvelables dans les régions côtières et extracôtières du Canada. Les travaux actuels portent surtout sur le pétrole et le gaz naturel en mer et, accessoirement, sur les minéraux en mer et sur les aspects géoscientifiques des habitats biologiques qu'il convient de connaître. On commence à évaluer le potentiel des ressources minérales côtières au moyen d'une technologie perfectionnée de cartographie des fonds marins, qu'on applique aussi à l'évaluation de l'habitat des pêcheries benthiques.
- **Géoscience environnementale** : vise la compréhension des processus géologiques naturels qui ont un effet sur l'exploitation des ressources côtières et hauturières et sert à

évaluer l'impact environnemental futur ou passé de cette exploitation. Ce programme permet d'obtenir des données géoscientifiques essentielles à la compréhension et à la résolution de problèmes concernant les milieux côtiers et marins au moyen d'un ensemble d'études de processus et de cartographie, de connaissances en reconstruction paléoenvironnementale, en géochimie et en sédimentologie, en dynamique côtière et en génie géotechnique. Le programme combine des éléments de recherche appliquée et de recherche fondamentale pour tenter de résoudre une vaste gamme de problèmes concernant l'environnement, l'exploitation ou l'exploration (p. ex. élimination des déchets, génie de la production des hydrocarbures en mer). On tente par exemple de mieux comprendre la distribution, l'ampleur et la fréquence des risques d'accidents naturels en mer, notamment l'érosion des fonds marins, l'échappement de fluides, les interactions glace/sédiments, la néotectonique et les glissements sous-marins. La définition des processus et mécanismes facilite l'évaluation des risques et les contraintes à la construction de structures côtières et hauturières et d'installations sur les fonds marins comme les jetées, les plates-formes, les pipelines et les câbles. On interprète l'empreinte sédimentaire des paléoprocessus en termes de

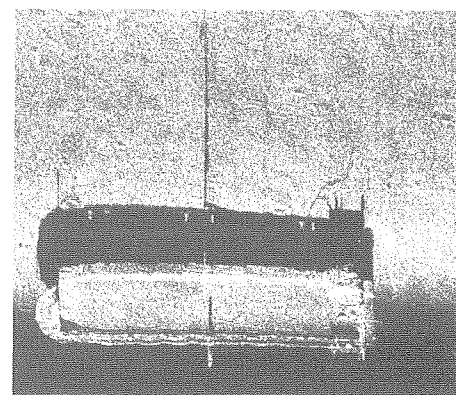


Figure 5 : Image sonar à balayage latéral de l'épave Irving Whale, qui a coulé lors d'une tempête en 1970 par 67 m d'eau. On aperçoit clairement les mâts, les lignes et d'autres débris (d'après Parrott, 1995).

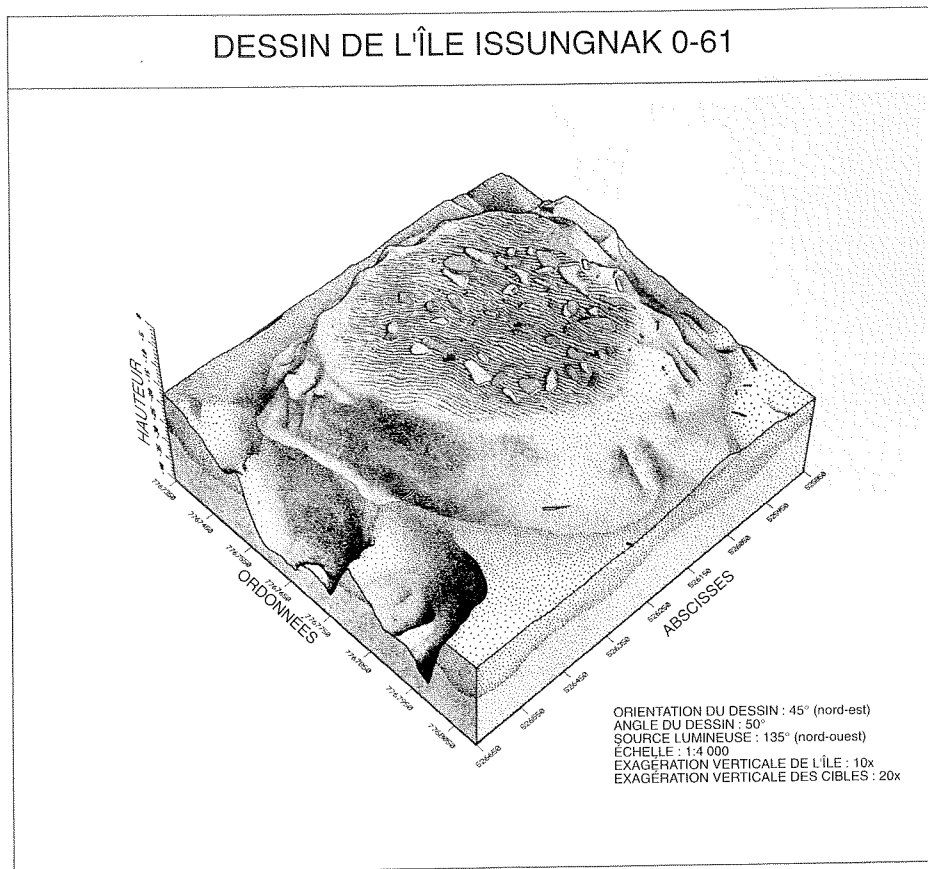


Figure 6 : Interprétation tridimensionnelle à l'échelle d'une île artificielle abandonnée dans la mer de Beaufort. On voit la carrière au premier plan; le sommet de l'île, en cours d'érosion, est jonché de débris et de formes de fond en évolution.

fréquence selon l'ampleur afin, notamment, de pouvoir distinguer les phénomènes naturels des phénomènes anthropiques. Des reconstructions paléoenvironnementales à résolution élevée réalisées sur des sédiments marins permettent de déterminer la nature et les variations climatiques naturelles du passé.

### Études les plus récentes dans le domaine de la GIZC

**Cartes du relief côtier d'une région ou d'un site.** Des cartes, accompagnées de classifications, et représentant un ensemble d'origines des processus responsables des formations, de géométries des formes et de types de sédiments ou de roches, ont été réalisées pour les secteurs prioritaires. Les cartes régionales ont généralement une échelle de 1:200 000 ou moins et les descriptions de sites sont au 1:10 000 ou plus. Des photos vidéos prises par des hélicoptères de la Garde côtière canadienne

ont permis de réaliser une cartographie de reconnaissance des régions côtières de l'Atlantique et de l'Arctique. Des photos vidéos de la côte des provinces atlantiques, publiées dans une série de dossiers publics, ont été utilisées, en plus de la cartographie au sol de la surveillance et des études de processus, comme fondement pour effectuer les prévisions d'érosion, les analyses de sensibilité et la préparation de plans d'intervention en cas de déversement (Sherin et al., 1995). De plus en plus, les cartes des formes côtières et les données qui servent à les compiler passent par la technologie des SIG pour la standardisation, la manipulation et l'échange de données. Par exemple, des travaux récents ont permis de produire un système d'information côtière (SIC) pour cartographier des formes côtières en utilisant les techniques de segmentation dynamique dans ARC/INFO (fig. 3). La conception et la vérification du prototype sont presque achevées et des employés du fédéral et des provinces collaborent à une

base de données pour les provinces de l'Atlantique. L'utilisation combinée de techniques de cartographie permet de plus en plus de réaliser des cartes côtières en continu, illustrant à la fois les terres et les fonds marins. Par exemple, il est maintenant possible d'effectuer des levés marins dans des eaux très peu profondes; les données recueillies peuvent être combinées à celles provenant de vidéos aériennes, de radars aéroportés ou de satellites.

**La bathymétrie côtière et précôtère** est une caractéristique fondamentale d'un système côtier et les données ont des applications directes pour toute une gamme d'activités, par exemple la définition d'un habitat, les voies de navigation, la construction de jetées et l'aménagement de ports, la planification de l'élimination des déchets et la construction d'installations sur les fonds marins comme les câbles et les pipelines. Ces données constituent un paramètre de conception technique de base. Des techniques de levés multifaisceaux, récemment mises au point par le Service hydrographique du Canada en collaboration avec la CGC ont révolutionné l'acquisition et l'affichage des données bathymétriques, grâce à un accroissement de la couverture, une augmentation des vitesses de levés et une amélioration de la précision et des méthodes d'affichage visuel. Les données peuvent maintenant être mieux interprétées, donc être plus utiles. Des levés multifaisceaux de démonstration effectués au-dessus de la trajectoire des câbles APOCS entre Terre-Neuve et l'île du Cap-Breton constituent un exemple de levé côtier et précôtier à haute résolution effectué récemment. La cartographie multifaisceaux de la CGC a permis de délimiter des chenaux fluviaux reliques qui traversaient le plateau continental à des périodes où le niveau de la mer était plus bas, et qui constituent une conduite naturelle comblée de sédiments convenant parfaitement à la protection des câbles.

**L'imagerie des fonds marins** permet d'obtenir des données spatiales des caractéristiques du fond pour compléter les données sur les profondeurs d'eau. En général, les chercheurs utilisent des sonars à balayage latéral et des systèmes de

rétrodiffusion multifaisceaux pour faire des mosaïques des fonds marins. À la CGC-Atlantique, tant les mosaïques des fonds marins que les levés bathymétriques multifaisceaux ont été améliorés de beaucoup grâce à l'augmentation de la précision de navigation permise par la technologie de positionnement DGPS. Les mosaïques des fonds marins qui peuvent illustrer l'emplacement d'objets, par exemple les épaves, les dépotoirs, les pipelines et les câbles, renferment aussi de l'information précieuse sur la répartition des sédiments (Parrott, 1995, fig. 5). L'image capture également la signature d'une vaste gamme de processus qui s'exercent sur les fonds, comme l'érosion et l'accumulation actuelles, les glissements de terrain, les fuites de gaz et la formation de failles qu'on peut généralement repérer à partir de formes particulières. Cette technologie a été appliquée à la GIZC; en voici des exemples :

- importante étude géochimique de la contamination des sédiments du fond du port d'Halifax, endroit où sont déversés depuis des siècles des effluents industriels et urbains. Grâce à cette étude, on a pu prendre des décisions éclairées concernant la conception et l'emplacement des mesures de traitement et d'atténuation des déchets (Buckley et al., 1992);
- cartographie des déchets

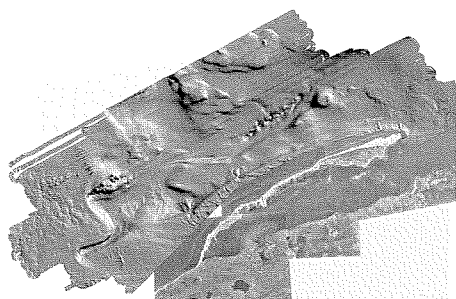


Figure 7 : Image par balayage multifaisceaux de la baie Saint-Georges à Terre-Neuve. Les formes du lit, situées sur la terrasse littorale et perpendiculaires au rivage, canalisent les sédiments vers le continent et les eaux profondes, alimentant ainsi les cônes de débris et retranchant au bilan sédimentologique de la côte. (D'après Shaw et al., sous presse.)

anthropiques aux anciennes installations militaires à Argentia et aux réseaux d'alerte avancée dans l'Arctique, et modification d'îles artificielles dans la mer de Beaufort après leur abandon (fig. 6);

- collaboration avec l'industrie canadienne pour le transfert de technologies de cartographie multifaisceaux au secteur privé grâce à un levé de démonstration pour les câbles de fibre optiques reliant Terre-Neuve et la Nouvelle-Écosse;
- levés littoraux réalisés en collaboration avec Parcs Canada pour quantifier et comprendre les processus de modification du littoral dans les parcs nationaux et les sites patrimoniaux.

**Les propriétés sédimentologiques** sont des facteurs essentiels des zones côtières - ce sont elles par exemple qui contrôlent et modifient la façon dont les régions côtières et littorales changent et évoluent dans les conditions naturelles, qui déterminent les caractéristiques des divers habitats biologiques, qui influent sur le développement économique des ressources minérales et qui fixent les limites et les contraintes de la conception, de l'installation et de l'entretien des ouvrages techniques. Par exemple, le programme de cartographie en mer de la CGC a fourni le cadre scientifique de départ pour la conception d'un projet subventionné par le fédéral et les provinces et visant à évaluer le potentiel en granulats de la plate-forme néo-écossaise. Grâce à la cartographie et à l'échantillonnage des secteurs cibles (qui ont duré deux saisons), des ressources viables ont été repérées. Les essais en laboratoire subséquents fournissent des informations sur la texture et sur les caractéristiques minéralogiques, géochimiques et géotechniques ainsi que sur la résistance, qui permettront de déterminer si ce granulat peut être utilisé à des fins industrielles (Fader et al., 1994). Les techniques in situ permettent de plus en plus d'obtenir de l'information importante sur les propriétés des sédiments dans les fonds marins et à proximité, telles que la porosité, la pression des fluides dans les pores, la teneur en gaz et la résistance

au cisaillement, qui ont un effet sur d'autres propriétés comportementales comme la stabilité et l'érodabilité des sédiments.

**Les bilans sédimentologiques** sont des facteurs clés qui permettent de prévoir les changements dans les fonds marins et sur les littoraux. Par exemple, l'efficacité de divers processus comme la dérive littorale est fonction tant du régime hydrodynamique que de la disponibilité des sédiments. Les systèmes deltaïques, où l'apport en sédiments dépasse généralement la dispersion, sont des secteurs de progradation de la côte, alors que l'érosion et le recul sont parfois liés à un déficit de l'apport en sédiments. Des travaux récents ont montré que ces rapports peuvent être extrêmement complexes et qu'il nous reste bien des choses à apprendre concernant l'apport, le transport, l'emmagasinement et le renouvellement de sédiments, et que ces rapports varient selon l'ampleur des processus. On obtient les bilans sédimentologiques près des côtes grâce à une surveillance à long terme des profils de plage, à partir desquels on peut déterminer l'ampleur et la fréquence des tempêtes. Dans la zone littorale, la cartographie des fonds marins a été utilisée pour déterminer les sources et les bassins d'accumulation de sédiments ainsi que leurs effets sur le bilan sédimentologique (Shaw et al., sous presse, fig. 7). Sur la plate-forme néo-écossaise et près des îles de la Reine-Charlotte, les variations dans les fonds marins sont plus subtiles et on combine les processus hydrodynamiques, les propriétés des sédiments et les données bathymétriques pour générer des modèles numériques en boîtes du transport des sédiments, à partir desquels des bilans sédimentologiques ont été déterminés et étalonnés à la lumière des observations sur le terrain.

**Les processus qui s'exercent** sur les côtes et dans les fonds marins sont les mécanismes qui régissent la zone côtière. En effet, l'énergie des vagues et des marées est transmise aux fonds marins et nourrit l'érosion, le transport et la redistribution des sédiments. En termes géologiques, les côtes sont des formes éphémères, se formant, reculant et évoluant par rapport à la marge continentale en réaction aux fluctuations du niveau de la mer, de l'apport en sédiments



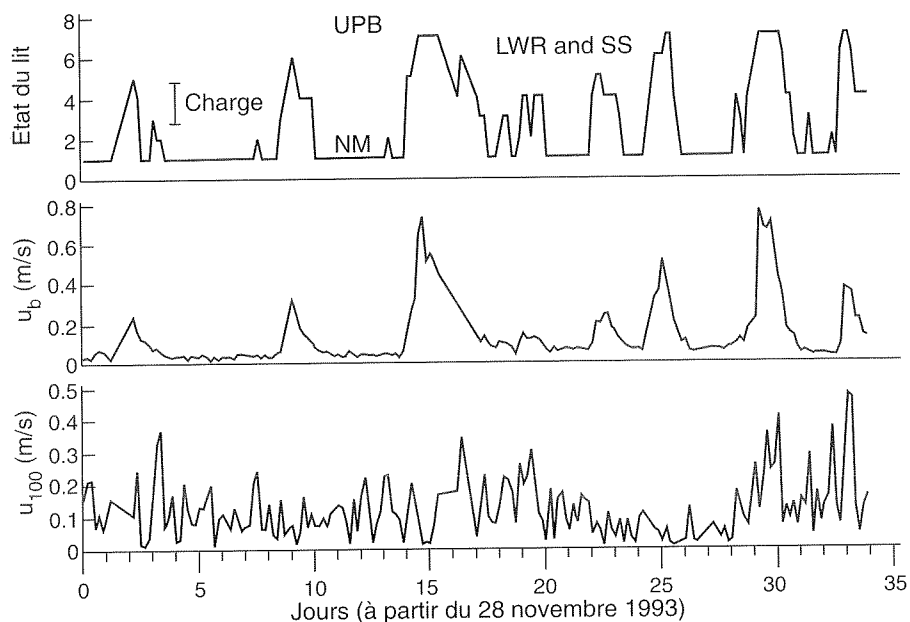


Figure 8 : Séries chronologiques de données provenant du trépied instrumenté RALPH installé sur le banc de l'île de Sable. Profondeur de l'eau (h), vitesse moyenne ( $U_{100}$ ), longueur d'onde significative ( $H_s$ ), période de la crête spectrale ( $T_p$ ) et suspension du sable en pourcentage de transmission à 33 cm du fond de la mer (C33). (D'après Li et Amos, sous presse.)

et de l'énergie disponible. Il est essentiel de comprendre les processus du transport de sédiments si l'on veut pouvoir ériger des ouvrages dans la zone côtière, notamment des ports et des havres, protéger les côtes, déterminer l'emplacement des câbles et des pipelines, élaborer des modèles de prédiction des réactions de la côte et vérifier sur le terrain les bilans sédimentologiques. Le programme sur le transport sédimentologique de la CGC-A a permis d'élaborer un ensemble unique d'outils pour vérifier la dynamique des sédiments. Le volet portant sur la stabilité des sédiments sableux sur une plate-forme à fort potentiel énergétique a utilisé RALPH, un trépied instrumenté, pour surveiller le taux et la direction de transport des sédiments (Li et al., sous presse, fig. 8). Sur la plate-forme néo-écossaise, des modèles de prédiction du transport des sédiments et de la migration des formes du fond marin ont été mis au point et sont utilisés par l'industrie pour aménager les pipelines et les installations de production en mer. L'homme a longtemps jeté ses déchets dans les estuaires, près des côtes et dans les lacs. Très souvent ces déchets ne sont pas traités, ils deviennent avec le temps un problème environnemental important. La capacité qu'ont les systèmes aquatiques à absorber des matériaux anthropiques est dépassée, les biomes sont soumis à des stress et la

viabilité d'un développement durable est menacée. Les sédiments boueux cohésifs piègent les déchets anthropiques. Comme ils répondent de façon tout à fait différente des sables aux contraintes qui s'exercent sur les fonds, on a besoin d'outils complètement différents pour en étudier la mobilité. Un bassin d'amenée annulaire, le

Sea Carousel, a été mis au point pour mesurer la stabilité du lit in situ. Des études qu'on peut appliquer immédiatement à la GIZC ont été effectuées sur la stabilité des sédiments dragués et déversés dans les provinces de l'Atlantique et, en collaboration avec Environnement Canada, sur l'assainissement des sédiments pollués dans le port de Hamilton (Amos et al., 1996).

**Les risques d'accidents naturels** dans les fonds marins limitent le développement durable dans les zones côtières. En effet, la détermination de l'emplacement, la construction et l'entretien des ouvrages techniques doivent tenir compte des risques d'accident comme l'érosion, la sédimentation, les glissements de terrain, les fuites de gaz et l'affouillement par les glaces qui, s'ils ne sont pas bien définis, peuvent entraver le développement. La contribution de la CGC à la recherche sur les risques en milieu marin est subventionnée en grande partie par le programme GRDE. L'accent est mis sur la quantification des processus et sur la compréhension de l'ampleur et de la fréquence des risques. Cette étude fournit la base technique permettant de conseiller les responsables du développement, les groupes environnementaux et les organismes de réglementation qui participent au développement dans la zone côtière. Les études des contraintes et des risques qui s'exercent sur les fonds marins, les

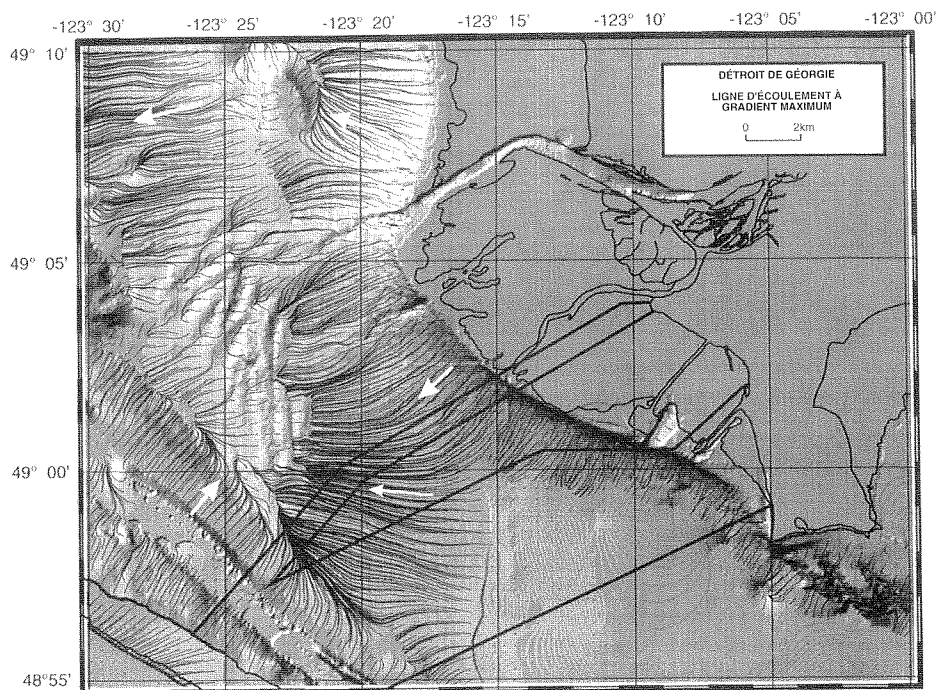


Figure 9 : Ligne d'écoulement le long du gradient maximum sur le delta du Fraser, servant à prédire les trajectoires des glissements de terrain. (D'après Christian, sous presse.)

ouvrages côtiers et en mer portent sur une vaste gamme de milieux géologiques et de risques, ce qui débouche sur des solutions techniques novatrices. Les activités de recherche en cours comportent les effets de la glace et du pergélisol dans la mer de Beaufort sur les conditions des fondations, les effets de l'affouillement par les icebergs sur les sédiments des fonds marins, l'évaluation des glissements de terrain sous-marins pour les trajectoires de câbles traversant le delta du Fraser (Christian et al., fig. 9) et l'évaluation de l'activité néotectonique à partir des structures sédimentaires dans les Grands Lacs.

**L'évaluation de la vulnérabilité**, telle qu'elle est définie par le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) implique une « méthodologie commune » pour permettre de définir la capacité qu'a une nation côtière de réagir aux conséquences d'un changement climatique mondial, dont l'accélération de la hausse du niveau de la mer. Les processus d'évaluation de la vulnérabilité du GIEC fournissent aux organismes côtiers locaux, municipaux, provinciaux ou fédéraux une façon d'évaluer les capacités et performances existantes dans la gestion et la planification de la zone côtière (World Coastal Conference, 1993), dans le contexte d'une approche à long terme.

La méthodologie commune comporte sept étapes; les programmes de géoscience marine de la CGC-Atlantique font des contributions importantes à au moins trois de ces étapes : la caractérisation des conditions limites d'une accélération du relèvement du niveau de la mer, la fourniture de données sur le système naturel et l'évaluation des changements physiques et des réactions du système naturel.

Dans une large part, les changements relatifs du niveau de la mer au Canada reflètent un équilibre compliqué entre le relèvement isostatique de la masse terrestre consécutif à la déglaciation et un soulèvement eustatique du niveau de la mer lié aux variations du volume des calottes glaciaires. On peut en effet distinguer à peu de distance l'une de l'autre des côtes d'accumulation émergées et des rives d'érosion submergées. Il est essentiel de comprendre ces cycles naturels de variation du niveau de la mer pour mieux comprendre les hausses liées au réchauffement global. L'historique du niveau relatif des mers à l'échelle des

décennies et du passé géologique récent (Holocène) est reconstruit par analyse des enregistrements de marées, des changements de la géomorphologie littorale, de l'étude des formes côtières submergées et des reconstructions paléoenvironnementales à haute résolution tirées des sédiments côtiers et précôtiers.

En ce qui a trait à la vulnérabilité aux changements du niveau de la mer, la CGC-Atlantique dispose d'un important programme de surveillance de la côte visant à définir les changements récents dans le comportement du trait de côte à l'échelle régionale et à certains endroits précis. Les données obtenues servent à dégager les tendances; celles-ci, combinées à l'analyse et la modélisation du changement des intensités des tempêtes, permettent de prévoir les modifications à venir du trait de côte. Cette information est essentielle à la définition de zones tampons qui seront utilisées dans les plans de GIZC pour éviter tout aménagement dangereux près du rivage. Différents systèmes ont été utilisés pour cartographier les régimes de variation du trait de côte et les réactions aux fluctuations du niveau relatif de la mer; un exemple est celui de Shaw et al. (1994) qui résume les connaissances sur l'historique du niveau de la mer et le type de littoral et qui a permis de produire une carte de la vulnérabilité de la côte pour tout le Canada.

### Pistes d'études proposées

On s'attend à ce que le Canada voie une augmentation des demandes en données géoscientifiques à l'appui de la GIZC, qu'elles proviennent des collectivités, des provinces ou du fédéral. Le Programme d'étude marine de la CGC continuera à fournir l'information géoscientifique nécessaire à la GIZC grâce à un équilibre entre l'acquisition de données de base, l'élaboration de concepts et l'application, appuyé par des innovations technologiques. Les principaux objectifs du programme demeureront les mêmes, soit fournir des données géoscientifiques marines pour la mise en valeur des ressources renouvelables et non renouvelables dans les régions côtières et hauturières et pour la prise de décision dans une optique de développement durable. On continuera à recueillir des données pour les secteurs prioritaires, tels que définis par les clients; en outre, le programme comporte les projets suivants :

- Des recherches de base permettant d'utiliser de nouveaux concepts en matière de détermination des

ressources non renouvelables dans les régions côtières, précôtiers et hauturières, notamment les réserves de pétrole et de gaz et les minéraux placériens. La synthèse, l'analyse et la mise à jour des bases de données existantes porteront essentiellement sur les secteurs où prennent place des activités d'exploration et de développement énergétique, soit le golfe du Saint-Laurent, le Grand Banc de Terre-Neuve et la plate-forme néo-écossaise. Un projet multidisciplinaire portant sur le golfe du Saint-Laurent est prévu.

- De nouvelles capacités canadiennes de cartographie océanique seront mises à profit pour l'élaboration de méthodes et d'applications novatrices dans les recherches scientifiques concernant les problèmes environnementaux, par exemple les accidents naturels dans les fonds marins, la définition de l'habitat des fonds marins, la pollution des sédiments marins et les effets du dragage. Ces capacités de cartographie seront aussi utilisées pour quantifier le potentiel minéral précôtier, en prévision de la législation sur la location et du développement de la production.
- Un projet pilote sera entrepris et achevé dans un secteur particulièrement touché par l'érosion de l'Île-du-Prince-Édouard; y seront combinées la cartographie, la surveillance et la modélisation des zones côtières et précôtiers pour l'application d'une approche systémique d'une « côte type » à d'autres secteurs du Canada.
- Les exigences de la GIZC doivent passer par l'élaboration de bases de données à cet effet pour les régions côtières, dans des formats permettant un accès généralisé.
- Les objectifs du programme GRDE visant la réduction des effets des accidents naturels sur les ouvrages en mer continueront de porter sur les secteurs prioritaires pour l'étude des propriétés géotechniques des fonds marins et des contraintes aux processus d'ingénierie, notamment sur la plate-forme

néo-écossaise (plate-forme pour l'exploration du gaz naturel, pipelines), dans le delta du Fraser (ligne de transmission d'électricité) et sur les Bancs de Terre-Neuve (installations de production en marge du projet Hibernia).

- Les nouvelles pratiques géoscientifiques élaborées pour les secteurs côtiers et hauturiers du Canada pourront être partagées avec l'industrie canadienne dans l'objectif d'une plus large application, là où s'accroissent les besoins en données géoscientifiques pour la GIZC. L'un des objectifs sera l'amélioration de l'acquisition de données géoscientifiques et des pratiques d'acquisition grâce à des projets de démonstration dans certains pays en développement, avec la collaboration d'organismes comme la South Pacific Applied Geoscience Commission (SOPAC) et le Coordinating Committee for Coastal and Offshore Geoscience Programmes in East and South East Asia (CCOP).
- La poursuite de la participation au programme de forage en mer permettra de mieux comprendre les paléoclimats à des échelles temporelles de résolution élevée, en fonction surtout de l'historique du niveau des mers et de la caractérisation des changements environnementaux naturels et anthropiques. Par exemple, des études précises sur les sédiments hauturiers du Canada (p. ex. inlet Saanich) contribueront tant aux reconstructions paléoclimatiques locales qu'aux modèles globaux.
- Les spécialistes du milieu marin de la CGC joueront un rôle clé dans le nouveau projet de recherche, mené à l'échelle de la CGC et portant sur les lacs (y compris les Grands Lacs), dans lequel on mettra à profit la technologie, les compétences et l'expérience acquises au cours de projets existants dans les lacs Ontario et Winnipeg et d'autres recherches en mer. Les partenariats existants avec les industries locales, d'autres ministères et les provinces voisines serviront essentiellement à mieux comprendre

certaines questions comme la pollution des lacs, la stabilité du littoral, les conditions et risques des fondations reposant sur les fonds lacustres, l'exploitation, le dragage, l'extraction des agrégats, et les descriptions de sites du patrimoine culturel.

- RNCan est l'un des participants du nouveau plan d'action sur la qualité de l'environnement marin, un projet interministériel. Le programme d'étude marine de la CGC vise à collaborer avec d'autres organismes fédéraux participants à des projets d'étude de pollution côtière; il prendra même les devants dans certains projets comme celui portant sur le port de Vancouver et le delta du Fraser, où les études des propriétés géochimiques peuvent être reliées à d'autres travaux de la CGC sur les processus s'exerçant dans les fonds marins, par exemple la modélisation du transport de sédiments.

### Références

- AMOS, C.L. and I.G. DROPPA. 1996. The stability of remediated lakebed sediments, Hamilton Harbour, Lake Ontario, Canada. Geological Survey of Canada Open File Report 2276.
- BUCKLEY, D.E. and G.V. WINTERS. 1992. Geochemical characteristics of contaminated surficial sediments in Halifax harbour: impact of waste discharge. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 29:2617-2639.
- CHRISTIAN, H.A., D.C. MOSHER, J.V. BARRIE, and R.C. COURTNEY, in press. Slope instability on the Fraser River delta foreslope, Vancouver, British Columbia. *Canadian Geotechnical Journal*.
- FADER, G.B.J. and R.O. MILLER. 1994. A preliminary assessment of the aggregate potential of the Scotian Shelf and adjacent areas. In Wells, P.G. and Ricketts, P.J. (Eds.) *Zone côtière Canada 94*, Coopération dans la zone côtière : Actes de la conférence du 22 au 23 sept. 1994. Publié à Dartmouth par l'Association Zone côtière Canada et l'Institut Océanographique de Bedford, Dartmouth, N.-É.
- JOSEPH, H. and D. FROBEL. 1995. The Cabot Strait fibre optic cable route survey (video), Geological Survey of Canada Open File 3063.
- LI, M.Z. and C.L. AMOS, in press. Sheet flow and large wave ripples under combined wave and currents: their field observation, model prediction and effects on boundary layer dynamics. *Continental Shelf Research*.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1992. *Oceanography in the next decade: building new partnerships*. National Academy Press, Washington, D.C.
- PARROTT, D.R. 1995. Irving Whale sediment sampling program, 16-20 October 1995, Geological Survey of Canada Open File Report 3250.
- SHERIN, A.G., and K.A. EDWARDSON. 1995. A coastal information system for the Atlantic Provinces of Canada. IN: *Proceedings of the Third Thematic Conference: Remote Sensing for Marine and Coastal Environments*, 18-20 September 1995, Seattle, Washington, Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, MI. Volume II, pp. 401-413.
- SHAW J., R.C. COURTNEY, and J.R. CURRIE, in press. The marine geology of St. George's Bay, Newfoundland, as interpreted from multi-beam bathymetry and backscatter data. *GeoMarine Letters*.
- SHAW, J., R.B. TAYLOR, D.L. FORBES, M.H. RUZ, and S. SOLOMON. 1994. Sensitivity of the Canadian coast to sea-level rise. Geological Survey of Canada Open File Report 2825-114pp.
- WORLD COASTAL CONFERENCE. 1993. *Preparing to meet the coastal challenges of the 21st century*. Noordwijk, The Netherlands. 1-5 November 1993.
- OCEAN STUDIES BOARD. 1995. *Science policy and the coast, improving decision making*. Committee on Science and policy for the coastal ocean. National Academy Press. 85pp.
- VAN DER WEIDE, J. 1993. A system view of integrated coastal management. *Ocean and coastal management* 21: 129-148.
- DER VRESS and VAN URK. 1995. Hydrocoast '95, international workshop on water related problems in low lying coastal areas. A contribution to UNESCO-IHP project H-2-2, 13-17 November 1995, Bangkok.

# Organisation et personnel

L'Institut océanographique de Bedford (IOB), le Centre des pêches du Golfe (CPG), le Laboratoire de recherche halieutique de Halifax (LRHH) et la Station de biologie de St. Andrews (SBSA) sont des établissements de recherche du gouvernement du Canada administrés par le ministère des Pêches et des Océans (MPO), pour son propre compte et, dans le cas de l'IOB, pour celui d'autres ministères fédéraux qui y possèdent des laboratoires et du personnel. Il s'agit d'Environnement Canada et du ministère des Ressources naturelles du Canada, qui est représenté à l'Institut par un grand organisme, la Commission géologique du Canada (Atlantique). L'IOB loue aussi des locaux à un certain nombre d'entreprises et de firmes privées qui oeuvrent dans des domaines connexes aux sciences de la mer.

Voici les principaux groupes et leurs responsables au 1<sup>er</sup> décembre 1996. Outre les quatre établissements de recherche, des bureaux situés à Halifax dans le Maritimes Center (MC) et dans un immeuble de Dartmouth appelé Queen Square (QS) abritent une partie du personnel. Les numéros de téléphone sont indiqués.

## **MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS DU CANADA**

### **Région des Maritimes**

#### **Directeur général régional**

*N.A. Bellefontaine*  
MC (902) 426-2581

#### **Direction des sciences**

*J.S. Loch*, directeur régional  
IOB (902) 426-3492

*R.E. Lavoie*, directeur adjoint  
IOB (902) 426-2147

#### **Division de l'aquaculture**

*W. Watson-Wright*, chef  
(et directrice de la Station de biologie de  
St. Andrews)  
SBSA (506) 529-5860

#### **Division des poissons diadromes**

*J.A. Ritter*, chef  
MC (902) 426-3136  
CPG (506) 851-2945

#### **Division de la gestion de l'habitat**

*G. Sirois*, chef  
CPG (506) 851-7768

#### **Division de l'hydrographie**

Service hydrographique du Canada  
(Atlantique)  
*P. Bellemare*, chef  
IOB (902) 426-3497

#### **Division des pêches des invertébrés**

*M. Chadwick*, chef  
CPG (506) 851-6204

#### **Division des sciences du milieu marin**

*P. Keizer*, chef p.i.  
IOB (902) 426-6138

#### **Division des poissons de mer**

*M. Sinclair*, chef  
IOB (902) 426-3130

#### **Division des sciences de la mer**

*J.A. Elliott*, chef  
IOB (902) 426-8478

#### **Direction des ressources humaines**

*J. Feetham*  
Directeur régional p.i.  
QS (902) 426-9427

#### **Direction des finances et de l'administration**

*G.C. Bowdridge*  
Direction régionale p.i.  
MC (902) 426-6166

#### **Bibliothèque**

*A. Fiander*, chef  
IOB (902) 426-3675

#### **Direction des communications**

*A.M. Lanteigne*  
Directeur régional  
CPG (506) 851-7757

#### **Direction de l'informatique**

*E. Doucet*  
Directeur régional  
MC (902) 426-7433

#### **Services de soutien technique**

*M. Cusack*, directeur p.i.  
QS (902) 426-3939

#### **Génie et services techniques**

*D. Dinn*, chef  
IOB (902) 426-2009

#### **Soutien aux navires**

*G. Putt*, surintendant p.i.  
QS (902) 426-5934

#### **Bureau de coordination de l'Aquaculture**

*R.H. Cook*, chef  
MC (902) 426-9068

## **RESSOURCES NATURELLES CANADA**

### **Commission géologique du Canada (Atlantique)**

*J. Verhoef*, directeur  
IOB (902) 426-3448

#### **Géosciences marines régionales**

*R. Courtney*, chef p.i.  
IOB (902) 426-2255

#### **Géosciences, ressources marines**

*K.D. McAlpine*, chef  
IOB (902) 426-2730

#### **Géosciences, milieu marin**

*R.A. Pickrill*, chef  
IOB (902) 426-5387

#### **Administration**

*G. McCormack*, chef  
IOB (902) 426-2111

## **ENVIRONNEMENT CANADA**

### **Région de l'Atlantique**

#### **Laboratoire de la qualité du milieu**

*K. Doe*  
IOB (902) 426-3284

#### **Laboratoire, invertébrés et microbiologie**

*A. Menon*, chef  
IOB (902) 426-9003

# Travaux de recherche

Voici la liste des études et des travaux de recherche entrepris par les laboratoires du ministère des Pêches et des Océans dans la Région des Maritimes, par la Commission géologique du Canada (Atlantique) du ministère des Ressources naturelles du Canada, et par les services d'Environnement Canada présents à l'IOB pendant la période couverte.

Pour obtenir des renseignements sur ces projets, dont bon nombre sont en cours, prière d'écrire au directeur régional des Sciences, Région des Maritimes, ministère des Pêches et des Océans, Institut océanographique de Bedford, C.P. 1006, Dartmouth (N.-É.) B2Y 4A2.

## MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS RÉGION DES MARITIMES

### DIVISION DES SCIENCES DU MILIEU MARIN

#### A. SECTION DES ÉVALUATIONS ENVIRONNEMENTALES

1. Urgences maritimes  
*J.M. Bewers*
2. Programme canadien des normes de chimie analytique marine  
*J.M. Bewers*
3. Activités internationales  
*J.M. Bewers*
4. Évaluation régionale - Zones côtières de Scotia-Fundy  
*J.M. Bewers*
5. Identification des produits chimiques organiques synthétiques dans les espèces commerciales provenant des rivières et ports municipaux et industriels  
*J.M. Bewers*
6. Formulation de conseils en matière de toxicité de produits chimiques  
*J.M. Bewers*
7. Conception d'un vidéo de relations publiques sur l'état du milieu marin  
*J.M. Bewers*
8. Évaluations environnementales/ Gestion de la section de recherche sur le milieu aquatique  
*D.R. Alexander*
9. Évaluation maritime et liaison/ Applications scientifiques  
*H.B. Nicholls*

#### B. SECTION DES SCIENCES ENVIRONNEMENTALES

1. Conseils environnementaux  
*V.E. Zitko*
2. Recherche sur les algues marines nuisibles  
*J.L. Martin*
3. Évaluation des risques que présentent les produits chimiques organiques

- pour les pêches  
*V.E. Zitko*
4. Indicateurs biochimiques de la santé des animaux aquatiques  
*K. Haya*
  5. Toxicologie aquatique des phycotoxines marines  
*K. Haya*
  6. Recherche en écologie de l'aquaculture  
*D.J. Wildish*
  7. Effets sur le saumon atlantique des changements dans les milieux marins et côtiers  
*G.L. Lacroix*
  8. Surveillance de la biodiversité marine  
*D.J. Wildish*
  9. Indicateurs biochimiques de la santé des animaux aquatiques  
*K. Haya*
  10. Recherche en écologie de l'aquaculture  
*D.J. Wildish*
  11. Recherche et modélisation des pluies acides  
*G.L. Lacroix*

#### C. SECTION DE L'ÉCOLOGIE DES HABITATS

1. Administration et gestion de la section  
*P.D. Keizer*
2. Les organochlorés dans les réseaux trophiques de l'océan Arctique  
*B.T. Hargrave*
3. Conseils pour l'évaluation de l'habitat du poisson  
*D.C. Gordon*
4. Écologie microbienne  
*J.E. Stewart*
5. Interactions entre les microorganismes et les toxines marines  
*J.E. Stewart*
6. Écologie physiologique des algues toxiques  
*S.R.V. Durvasula*
7. Dynamique du phytoplancton dans la zone côtière

- P.D. Keizer*
8. Interactions biologiques-physiques dans les habitats côtiers  
*K.H. Mann*
  9. Sédimentologie des habitats côtiers  
*T.G. Milligan*
  10. Recherche sur l'habitat du pétoncle  
*P.J. Cranford*
  11. Études sur l'habitat côtier  
*G.C. Harding*
  12. Études sur l'habitat benthique  
*T.W. Rowell*
  13. Interactions environnementales de l'aquaculture  
*P.D. Keizer*
  14. Bioénergétique des mammifères marins  
*P.F. Brodie*
  15. Processus bioénergétique dépendant de la taille dans l'habitat du poisson  
*S.R. Kerr*
  16. Cartographie des habitats  
*P.R. Boudreau*
  17. Évaluation des habitats des estuaires et des plateaux continentaux  
*W.L. Silvert*
  18. Flux de contaminants dans les réseaux trophiques benthiques  
*B.T. Hargrave*
  19. Soutien aux instruments  
*W.P. Vass*

#### D. SECTION DE LA CHIMIE MARINE

1. Variabilité climatique inscrite dans les sédiments marins  
*J.N. Smith*
2. Distribution de l'eau de fonte de la glace de mer dans l'Arctique  
*F.C. Tan*
3. Isotopes de l'oxygène et mélange sur la plate-forme néo-écossaise  
*P.M. Strain*
4. Programme de surveillance de l'environnement à la pointe Lepreau  
*J.N. Smith*
5. Cycle des contaminants dans les eaux estuariennes

- J.H. Vandermeulen*
6. Particules de carbone noir  
*R. Pocklington*
7. Évaluation critique du réchauffement dû à l'effet de serre et du rôle des émissions résultant de la combustion de combustibles fossiles  
*R. Pocklington*
8. Détermination de l'âge des poissons par le dosage de  $^{210}\text{Pb}/^{226}\text{Ra}$  dans les otolithes  
*J.N. Smith*
9. Taux de croissance du pétoncle géant (*Placopecten magellanicus*) mesuré par les isotopes de l'oxygène  
*F.C. Tan*
10. Géochronologie et géochimie des sédiments dans le fjord du Saguenay  
*J.N. Smith*
11. Géochimie des métaux-traces dans les zones de mélange estuariennes  
*P.A. Yeats*
12. Mesures des radionucléides dans l'Arctique  
*J.N. Smith*
13. Études des isotopes dans le carbone organique particulaire et dissous, en eau profonde et dans les zones côtières  
*F.C. Tan*
14. Transport des métaux-traces dans l'Atlantique Nord-Ouest  
*P.A. Yeats*
15. Réactivité chimique dans les couches océaniques de surface  
*P.M. Strain*
16. Composition et réaction des matières colloïdales marines  
*S.E.H. Niven*
17. Dynamique des matières nutritives à Ship Harbour (Nouvelle-Écosse)  
*P.M. Strain*
18. Contamination par les métaux lourds des sédiments et de la matière en suspension sur la plate-forme du Groenland  
*D.H. Loring*
19. Évaluation des risques liés aux produits chimiques toxiques  
*J.F. Uthe*
20. Contaminants sublétaux : devenir et effets à long terme de la pollution des systèmes aquatiques par les hydrocarbures pétroliers  
*J.H. Vandermeulen*
21. Études des acides aminés dans les toxines des coquillages  
*R. Pocklington*
22. Contaminants dans les pêcheries de homard des ports municipaux  
*J.F. Uthe*
23. Contaminants dans les pêcheries sportives  
*J.F. Uthe*
24. Tests endocrinologiques de toxicité sublétale  
*J.F. Uthe*
25. Sources, distribution et devenir des contaminants métalliques des sédiments dans les ports et estuaires de l'Atlantique  
*D.H. Loring*
26. Modélisation de la distribution des produits chimiques toxiques dans les ports et les estuaires  
*P.A. Yeats*
27. Facteurs agissant sur les concentrations de produits chimiques chez les homards  
*C.L. Chou*
28. Chronologie des flux de contaminants dans les sédiments marins  
*J.N. Smith*
29. Tendances des contaminants dans certaines pêches commerciales : étude de la morue du golfe du Saint-Laurent  
*J.F. Uthe*
30. Évaluation des fonctions d'apport de produits chimiques toxiques dans la Région de Scotia-Fundy  
*P.A. Yeats*
31. Application de tests biochimiques de toxicité sublétale à la détection des effets de la pollution sur le poisson commercial de l'Atlantique  
*D.E. Willis*
32. Système de gestion des données régionales sur les produits chimiques toxiques  
*P.M. Strain*
33. Mesures des contaminants radioactifs dans l'océan Arctique  
*J.N. Smith*
34. Évaluation et rétablissement de l'habitat du poisson pollué par des produits chimiques toxiques  
*W.L. Fairchild*
35. Suivi des tendances des produits chimiques toxiques sur certains sites du sud-est du golfe du Saint-Laurent  
*W.L. Fairchild*
36. Évaluation de la situation des contaminants toxiques sur le littoral de la Région du Golfe  
*W.L. Fairchild*
37. Niveau de contamination des ressources des pêches autochtones, sportives et de subsistance  
*W.L. Fairchild*
38. Niveaux de contamination des poissons de pêche commerciale et de leur habitat par les pesticides et les produits chimiques agricoles  
*W.L. Fairchild*

## DIVISION DES POISSONS DE MER - 1994

### PROJETS DES SERVICES VOTÉS

1. Évaluation de l'aiglefin de 4TVW et recherche connexe  
*Swanenburg*
2. Évaluation de l'aiglefin de 4X et recherche connexe  
*Hurley*
3. Évaluation de la morue de 4Vn et recherche connexe  
*Lambert*
4. Évaluation de la morue de 4VsW et recherche connexe  
*Mohn*
5. Évaluation du merlu argenté et recherche connexe  
*Showell*
6. Évaluation du sébaste et recherche connexe  
*Branton*
7. Évaluation des poissons plats et recherche connexe  
*Annard*
8. Études de la marge de la plate-forme continentale et évaluation de l'argentine  
*Halliday*
9. Écologie des populations de ver de phoque  
*McClelland*
10. Alimentation et recherche sur l'énergétique des phoques  
*Bowen*
11. Recherche sur la dynamique des populations de phoques  
*Stobo*
12. Infrastructure de la recherche sur les phoques  
*Bowen*
13. Recherche sur la gestion du poisson de fond  
*Halliday*
14. Programme national d'échantillonnage

- Zwanenburg*
15. Programme international des observateurs  
*Showell*
  16. Relevés au chalut de la morue de 4VsW  
*Mohn*
  17. Détermination de l'âge et de la maturité des poissons de fond  
*Annand*
  18. Variabilité du recrutement dans les pêches  
*Frank*
  19. Études sur les otolithes  
*Campana*
  20. Études de marquage des poissons  
*Stobo*
  21. Évaluation des requins et recherche connexe  
*Hurley*
  22. Manipulation des données océanographiques  
*McRuer*
  23. Soutien informatique  
*Branton*
  24. Conception des relevés et études biométriques  
*Smith*
  25. Coopération science-industrie - Recherche et communications  
*O'Boyle*
  26. Études sur la structure des stocks  
*Zwanenburg*

**PROJETS DES MESURES NOUVELLES (PAPA)**

1. Écologie des phoques et du ver de phoque - surveillance de l'alimentation, des parasites et des populations  
*Bowen / Stobo*
2. Produits chimiques toxiques  
*Stobo*

**PROJETS DES SERVICES VOTÉS 1995**

1. Évaluation de l'aiglefin de 4TVW, recherche connexe et pêches sentinelles  
*Zwanenburg*
2. Évaluation de l'aiglefin de 4X et recherche connexe  
*Hurley*
3. Évaluation de la morue de 4Vn, recherche connexe et pêches sentinelles  
*Lambert*

4. Évaluation de la morue de 4VsW et recherche connexe  
*Fanning*
5. Évaluation du merlu argenté et recherche connexe  
*Showell*
6. Évaluation des pêches en développement et recherche connexe  
*O'Boyle*
7. Évaluation du sébaste et recherche connexe  
*Branton*
8. Évaluation des poissons plats et recherche connexe, et projet industriel sur la baudroie  
*Annand*
9. Études de la marge continentale et évaluation de l'argentine  
*Halliday*
10. Recherche sur l'alimentation et l'énergétique des phoques  
*Bowen*
11. Recherche sur la dynamique des populations de phoques  
*Stobo*
12. Infrastructure de la recherche sur les phoques  
*Bowen*
13. Contraception chez les femelles de phoque gris  
*Bowen*
14. Recherche sur la gestion du poisson de fond  
*Halliday*
15. Méthodes d'évaluation des stocks  
*Mohn*
16. Programme national d'échantillonnage  
*Zwanenburg*
17. Statistiques sur le poisson de fond  
*Fanning*
18. Programme international des observateurs  
*Showell*
19. Relevés printaniers au chalut sur la morue de 4VsW  
*Fanning*
20. Détermination de l'âge et de la maturité du poisson de fond  
*Annand*
21. Variabilité du recrutement dans les pêches  
*Frank*
22. Études sur les otolithes  
*Campana*
23. Études sur le marquage des poissons  
*Stobo*

24. Processus écosystémiques  
*O'Boyle*
25. Évaluation des requins et recherche connexe  
*Hurley*
26. Manipulation des données océanographiques  
*McRuer*
27. Conception des relevés et études biométriques  
*Smith*
28. Communications scientifiques  
*O'Boyle*
29. Études sur la structure des stocks  
*Zwanenburg*

**BUDGET DES MESURES NOUVELLES**

1. Projet du Plan vert sur les produits chimiques toxiques - études des résidus d'organochlorés dans la graisse du phoque gris et du phoque commun de l'Atlantique  
*Stobo*
2. Identification des stocks mixtes de morue dans le golfe du Saint-Laurent  
*Campana*
3. Interactions phoques-poissons  
*O'Boyle*
4. Projet prioritaire sur le sébaste  
*Branton*
5. Programme hydroacoustique national : projet de conception des levés  
*Smith*

**STATION DE BIOLOGIE DE ST. ANDREWS  
ESPÈCES PÉLAGIQUES ET  
POISSON DE FOND  
1994**

1. Évaluation du hareng et recherche connexe (sous-zone 4)  
*Stephenson*
2. Évaluation du hareng et recherche connexe (sous-zone 5)  
*Melvin*
3. Évaluation des gros pélagiques et recherche connexe  
*Porter*
4. Relevé acoustique des espèces pélagiques  
*Buerkle*
5. Évaluation de l'aiglefin de 5Ze et recherche connexe  
*Gavaris*
6. Évaluation de la morue de 4X et recherche connexe

- Trippel/Gavaris*
7. Évaluation de la morue de 5Z et recherche connexe  
*Hunt*
  8. Évaluation de la goberge et recherche connexe  
*Neilson/Trippel*
  9. Relevés au chalut du poisson de fond  
*Hunt*
  10. Détermination de l'âge des poissons de fond  
*Hunt*
  11. Évaluation de la plie rouge et recherche connexe  
*Page*
  12. Océanographie et distribution des poissons  
*Page*
  13. Manipulation des données océanographiques  
*Page/McRuer*
  14. Études biologiques sur le hareng  
*Iles*
  15. Recherche sur les écosystèmes des poissons de fond - information - données des relevés  
*Clark*

**1995**

1. Évaluation du hareng et recherche connexe (sous-zone 4)  
*Stephenson*
2. Évaluation du hareng et recherche connexe (sous-zone 5)  
*Melvin*
3. Évaluation des gros pélagiques et recherche connexe  
*Porter*
4. Évaluation des systèmes halieutiques  
*Gavaris/Stephenson*
5. Interactions mammifères marins/pêche  
*Trippel*
6. Études biologiques sur le hareng  
*Iles*
7. Évaluation de l'aiglefin de 5Ze et recherche connexe  
*Gavaris*
8. Évaluation de la morue de 4X et recherche connexe  
*Trippel*
9. Évaluation de la morue de 5Z et recherche connexe  
*Hunt*
10. Évaluation de la goberge et recherche connexe  
*Neilson/Trippel*

11. Relevés au chalut du poisson de fond  
*Hunt*
12. Détermination de l'âge des poissons de fond  
*Hunt*
13. Évaluation de la limande à queue jaune et recherche connexe  
*Neilson*
14. Océanographie et distribution du poisson  
*Page*
15. Manipulation des données océanographiques  
*Page/McRuer*

**MISSIONS DE RECHERCHE NON MENÉES PAR LE MPO**

1. *Lady Sharell*, 8 février - 15 mars 1995, sud-ouest de la Nouvelle-Écosse.
2. Sélection de la taille des palangres pour la morue et l'aiglefin en fonction du type d'hameçon et de la taille de l'appât  
*R.G. Halliday*
3. *Cape Chidley*, 6-16 novembre 1994 et 7-15 mars 1995 (deux missions), le long du talus de la plate-forme néo-écossaise.
4. Relevé des ressources halieutiques du talus continental par 900-1 800 m avec des chaluts.
5. Halliday (responsable scientifique), en collaboration avec le Centre Référence Atlantique, St. Andrews (N.-B.) et National Sea Products Ltd., Lunenburg (N.-É.)

**PROJETS, MONCTON 1994**

1. Relevés de recherche sur le hareng
2. Coordination - poissons de fond
3. Évaluation et biologie du stock de morue de 4T-Vn
4. Échantillonnage et relevés
5. Merluche blanche et poissons de fond mal connus
6. Dynamique et modélisation des pêches
7. Recherche et évaluations sur les poissons plats
8. Compilation des données

**PROJETS, MONCTON 1995**

1. Relevés de recherche sur le hareng
2. Coordination - poissons de fond

3. Biologie et évaluation du stock de morue de 4T-Vn
4. Échantillonnage, relevés et analyses des communautés
5. Dynamique des pêches et modélisation
6. Recherche et évaluations sur les poissons plats
7. Analyse statistique - espèces de poissons

**DIRECTION DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT SECTION DES INVERTÉBRÉS**

1. Mener des études de classification des zones coquillières pour voir si elles conviennent à la récolte des coquillages (moules, huîtres, palourdes et myes) d'après des relevés sanitaires et des analyses bactériologiques de la qualité de l'eau en Nouvelle-Écosse  
*J. Young, D.M. Tremblay, C. Craig*
2. Mener des études de classification des zones coquillières pour voir si elles conviennent à la récolte des coquillages (moules, huîtres, palourdes et myes) d'après des relevés sanitaires et des analyses bactériologiques de la qualité de l'eau au Nouveau-Brunswick  
*B.J. Richard*

**DIRECTION DE L'HYDROGRAPHIE SERVICE HYDROGRAPHIQUE DU CANADA (ATLANTIQUE)****A. HYDROGRAPHIE**

1. **Cartographie de l'océan (en mer)** : portion intérieure de la plate-forme néo-écossaise près de Halifax; Saint-Jean (N.-B.); détroit de Victoria/détroit de Géorgie; T. N.-O.; projets de vérification au sol; baie de Fundy (UNB)  
*G. Costello*
2. **Levés de vérification et de balayage (provinces atlantiques) (en mer)** : port de Halifax, port de Sydney et détroit de Canso (N.-É.)  
*J. Ferguson*
3. **Relevés de Terre-Neuve et du Labrador (en mer)** : baie Notre-Dame, côte du Labrador, baie Bonavista  
*C. Stirling*



**4. Levés de vérification (à terre) :**

fleuve Saint-Jean, d'Évendale à Grand Bay et aux chutes Réversibles (N.-B.); Charlottetown (Î.-P.-É.)  
*G. Henderson*

**B. MARÉES, COURANTS ET NIVEAUX DE L'EAU**

1. Soutien permanent aux levés et à la production de cartes du SHC  
*C. O'Reilly, C.P. McGinn, G.B. Lutwick, F. Carmichael*
2. Réseau permanent des marégraphes et des indicateurs de niveau de l'eau  
*C. O'Reilly, C.P. McGinn, G.B. Lutwick, F. Carmichael*
3. Révision et mise à jour des tables des marées et des Instructions nautiques  
*C. O'Reilly*
4. Soutien aux activités scientifiques et techniques : étalonnage et entretien des instruments portatifs

**C. PRODUCTION DE CARTES MARINES**

1. **Production de cartes :**  
2 nouvelles cartes  
17 nouvelles éditions  
156 cartes électroniques de navigation  
22 annexes graphiques  
160 Avis aux navigateurs  
*S. Grant, Keith Crawford, A. Hantzis*
2. **Instructions nautiques**  
Publication d'instructions nautiques pour le fleuve Saint-Jean, les côtes est et sud de Terre-Neuve (du cap Bonavista à la pointe Ferryland)  
*R. Pietrzak, G. Smith*

**D. GESTION DES DONNÉES**

1. **Centre des données hydrographiques**  
Mises à jour et tenue du système de gestion des données du répertoire principal  
*C. Day-Power, S. Nickerson*  
Interaction avec la Section de validation  
*C. Day-Power, S. Nickerson*
2. **Validation**  
*E. Crux, D. Nicholson, N. Palmer, D. Roop.*
  - a. Validation de nouvelles cartes  
4857 de Greenspond Harbour à Pound Cove  
4858 d'Indian Bay aux île Wadham

- b. Validation de nouvelles éditions  
4641 Port aux Basques  
4118 St. Mary's Bay
- c. Validation des CEN  
76168 Lewisporte  
76172 baie des Exploits, feuille 5, S.E.  
76236 baie Notre-Dame, d'Orange Bay au cap Bonavista
- d. Diagrammes d'instructions nautiques  
Salvage (T.-N.)  
Summerville (T.-N.)  
Summerford (T.-N.)  
Happy Adventure (T.-N.)  
Lumsden (T.-N.)
- e. Validation de documents provenant d'organismes extérieurs  
40 Avis aux navigateurs recommandés par suite de l'examen de nouveaux documents  
Révision de 7 000 Avis à la navigation et de 260 Avis aux navigateurs étrangers; validation de 804 documents des listes d'acquisition  
*D. Blaney, F. Burgess, E. Crux, B. MacGowan, S. Nunn, N. Palmer, D. Roop, T. Rowsell*

**3. Navigation**

Établissement de grilles LORAN-C  
*N. Stuijbergen*  
Navigation - Soutien aux usagers et formation  
*N. Stuijbergen*

**4. Systèmes de gestion des bases de données et cartes électroniques**

Plan vert - SGBD et recherche sur la carte électronique  
*S. Grant, D. Frizzle, G. MacLeod, C. Day-Power, H. Varma, M. Eaton, H. Boudreau, J. Davison, R. Pietrzak, M. MacDonald, C. Stirling*

**E. DÉVELOPPEMENT HYDROGRAPHIQUE**

1. Coordination de la recherche-développement au SHC  
*R.G. Burke*
2. Mise en service du système de traitement des données hydrographiques  
*R.G. Burke, S. Forbes*
3. ISAH et mise en oeuvre du GPS  
*S. Forbes*
4. ORACLE MD - Système de gestion de l'information spatiale

multi-dimensionnelle

*H. Varma*

5. Programme canadien de cartographie des océans (OMIC)  
*G. Costello*
6. Amélioration des techniques de cartographie informatisée  
*S. Forbes, K. White*
7. Soutien et coordination informatiques  
*S. Forbes, L. Norton, K. White, M. Ruxton*

**DIVISION DE L'AQUACULTURE - PROJETS 1994 ET 1995**

**SECTION DU DÉVELOPPEMENT DES MOLLUSQUES, MONCTON**

1. Pathologie des bivalves  
*S. McGladdery*
2. Productivité des mollusques  
*T. Landry*
3. Biologie du pétoncle  
*L.-A. Davidson*
4. Santé des poissons et aquaculture  
*M.I. Campbell*

**SECTION DES PÊCHES DES MOLLUSQUES, HALIFAX**

1. Élevage des mollusques et évaluation  
*K. Freeman*
2. Physiologie et écologie du début du cycle biologique des mollusques, et ostréiculture  
*J. Kean-Howie*
3. Recherche sur les nouvelles espèces  
*E. Kenchington*

**SECTION DE LA SANTÉ ET DE LA NUTRITION, DES POISSONS HALIFAX**

1. Nutrition - recherche sur les lipides  
*J.D. Castell*
2. Nutrition - salmonidés et maladies  
*S.P. Lall*
3. Recherche sur les maladies des poissons et l'immunologie  
*G. Olivier*
4. Histologie et parasitologie  
*C.A. Morrison*
5. Groupe des services d'ichtyopathologie  
*A.-M. MacKinnon*
6. Écologie des populations de ver de phoque  
*G. McClelland*

## SECTION DE L'AQUACULTURE APPLIQUÉE, ST. ANDREWS

1. Croissance, smoltification et reproduction des salmonidés  
*R.L. Saunders*
2. Mariculture des poissons  
*K.G. Waiwood*
3. Comportement des poissons aux premiers stades  
*R.H. Peterson*
4. Physiologie et production des stades de grossissement des espèces aquacoles  
*R.H. Peterson*
5. Reproduction des poissons et développement du cheptel reproducteur  
*D.J. Martin-Robichaud*
6. Recherche en aquaculture des invertébrés  
*D.E. Aiken*
7. Écologie des pêches et aquaculture de la mye  
*S.M.C. Robinson*
8. Recherche sur l'aquaculture et la valorisation du pétoncle  
*S.M.C. Robinson*
9. Ressource potentielle d'espèces sous-exploitées d'invertébrés  
*S.M.C. Robinson, P. Lawton*
10. Interactions biophysiques dans la région de Quoddy  
*W.M. Watson-Wright, S.M.C. Robinson, F.H. Page*
11. Programme de recherche en génétique du saumon (en collaboration avec la Fédération du saumon atlantique)  
*W.M. Watson-Wright*
12. Nouveaux traitements pour le pou de poisson chez le saumon atlantique en élevage  
*B.D. Chang, G. McClelland*
13. Saumon transgénique (en collaboration avec A/F Protein Canada, Inc.)  
*R.L. Saunders*
14. Centre Référence Atlantique (en collaboration avec le Centre des sciences marines Huntsman)  
*W.M. Watson-Wright*

## DIVISION DES POISSONS DIADROMES

1. Tests d'amélioration de l'habitat  
*D. Cairns*
2. Évaluation du saumon de la Morell

3. Limnologie des réservoirs  
*D. Cairns*
4. Bibliographie sur les eaux douces de l'Î.-P.-É.  
*D. Cairns*
5. Schémas d'alimentation du cormoran  
*D. Cairns*
6. Relevés des frayères de hareng  
*D. Cairns*
7. Évaluations des stocks de poissons diadromes, mise en valeur du saumon et recherche connexe  
*G. Chaput*
8. Quantification de l'utilisation de l'habitat et de la production des poissons diadromes dans les milieux aquatiques de la région des Maritimes  
*R. Cunjak*
9. Évaluation des fluctuations du milieu naturel et des perturbations anthropiques dans l'habitat du poisson et sa production  
*R. Cunjak*
10. Responsable des écloseries et de la recherche sur la mise en valeur des salmonidés, Région du Golfe  
*K. Davidson*
11. Exploitation des écloseries de saumon et recherche  
*G. Farmer*
12. Collecte et analyse de données statistiques sur les espèces anadromes  
*C. Harvie*
13. Amélioration technologique des piscicultures et des passes à poissons  
*H. Jansen*
14. Recherche sur l'évaluation des espèces autres que les salmonidés  
*B. Jessop*
15. Évaluation des stocks et recherche connexe sur les poissons diadromes, nord du Nouveau-Brunswick  
*A. Locke*
16. Recherche sur l'évaluation du saumon, SONB et Cap-Breton  
*L. Marshall*
17. Évaluation du saumon - recherche I  
*R. Cutting*
18. Introductions et transferts de poissons et d'invertébrés  
*R. Cutting*
19. Recherche sur l'évaluation du saumon (littoral nord et est de la Nouvelle-Écosse)  
*S. O'Neil*
20. Recherche sur l'habitat d'eau douce  
*W. Watt, W. White*

## DIVISION DES SCIENCES DE LA MER

### 1994

## SERVICES DU CLIMAT OCÉANIQUE

1. Études des microstructures dans l'océan  
*N.S. Oakey*
2. Recherches sur les flux air-mer de chaleur et de quantité de mouvements à grande échelle spatio-temporelle à l'aide de formules globales réévaluées  
*F.W. Dobson, S.D. Smith*
3. Expérience du bassin de Terre-Neuve  
*R.A. Clark, R.M. Hendry, E.P. Jones*
4. Problèmes de la dynamique des fluides en géophysique  
*C. Quon*
5. Expérience des mers de Norvège et du Groenland  
*R.A. Clark, E.P. Jones, J. Reid (Scripps), J. Swift (Scripps)*
6. Études des eaux du courant de l'Atlantique Nord et du bras océanique du courant du Labrador  
*J.R.N. Lazier*
7. Programme de largage de bathythermographes par des navires océanographiques occasionnels pour l'étude de l'accumulation de la chaleur dans l'Atlantique Nord  
*F. Dobson*
8. Gestion et archivage des données  
*D.N. Gregory*
9. Océanographie physique de l'Arctique oriental  
*C.K. Ross*
10. Variabilité saisonnière et interannuelle dans le golfe du Saint-Laurent  
*G.L. Bugden*
11. Courants de marée et courants résiduels - études de modélisation 3-D  
*K.-T. Tee*
12. Sondes CTD et capteurs connexes  
*A.S. Bennett*
13. Techniques de manutention et d'opération pour les systèmes instruments/câbles  
*J.-G. Dessureault, R.F. Reiniger*
14. Système des carbonates et nutriments dans les régions arctiques  
*E.P. Jones*
15. Échange dans les courants giratoires : écoulement par 50°W au sud des

- Bancs de T.-N.  
*R. Hendry*
16. Expérience sur la circulation océanique mondiale (WOCE) - sections du programme hydrographique  
*R.A. Clarke, R.M. Hendry, E.P. Jones, J.R.N. Lazier*
  17. Échange de CO<sup>2</sup> à l'interface air-mer  
*S.D. Smith, R. Anderson, F. Dobson, E.P. Jones*
  18. Système CTD pour le programme des navires océanographiques occasionnels  
*J.-G. Dessureault, R.A. Clarke, B. Beanlands, S.W. Young*
  19. Études sur le brassage turbulent pendant l'expérience de libération de traceurs dans l'Atlantique Nord  
*N.S. Oakey, B.R. Ruddick*
  20. Mise au point de modèles efficaces pour l'étude des variations climatiques à long terme  
*D.G. Wright, T.S. Stocker*
  21. Mécanismes de visionnement radar pour la cartographie des entités sous-marines  
*B.J. Topliss, T.H. Guymer*
  22. Développement d'une chaîne température-salinité  
*G.A. Fowler, R.A. Clarke*
  23. Climatologies de la température de la surface de la mer : *in situ* et par satellite  
*B. Topliss*
  24. Gestion et analyse des données  
*A. Vromans*
  25. Gestion des données sur les produits chimiques toxiques  
*A. Vromans*
  26. Cartographie de la sensibilité Brander-Smith  
*A. Vromans*
- DÉVELOPPEMENT OCÉANOLOGIQUE ET TRANSPORT**
1. Analyse de la trajectoire des nappes d'huile  
*D.J. Lawrence, P.C. Smith*
  2. Processus hivernaux dans le golfe du Saint-Laurent  
*G. Bugden*
  3. Nouveau vibrocarottier commandé en surface, télécommandé sous la surface ou à partir d'un véhicule télécommandé
- G. Fowler*
- RESSOURCES ÉNERGÉTIQUES DU LARGE**
1. Glaces du littoral du Labrador  
*S. Prinsenberg, I. Peterson*
  2. Dynamique mer et vent  
*W. Perrie*
  3. Modélisation de la glace et des icebergs qui longent la côte du Labrador et l'île de Baffin  
*M. Ikeda*
  4. Circulation à grande échelle dans la mer du Labrador et la baie de Baffin  
*M. Ikeda*
  5. Études sur la marge de glace du Labrador  
*C. Tang, M. Ikeda*
  6. Océanographie de la plate-forme continentale de Terre-Neuve  
*B.D. Petrie*
  7. Étude de la variabilité des courants et de la dynamique de la couche mixte dans la région nord-est des Bancs de T.-N.  
*C.L. Tang, B.D. Petrie*
  8. Anémomètres pour bouées dérivantes  
*J.-G. Dessureault, D. Harvey*
  9. Mise au point d'un dériveur Lagrangien de surface  
*D.L. McKeown*
  10. Échange horizontal et vertical sur le banc Georges  
*J. Loder, K. Drinkwater, E. Horne, N. Oakey*
  11. CO<sup>2</sup> océanique  
*E.P. Jones*
  12. Interactions entre le champ de vent et les vagues  
*F. Dobson, S. Smith, W. Perrie*
  13. Système de gestion des données océanographiques  
*D. Gregory, G. Boudreau*
  14. Étude des courants océaniques au-dessus de l'Atlantique canadien à l'aide d'altimètres satellitaires et de modèles  
*M. Ikeda*
  15. Mise au point d'un système d'amarrage résistant aux glaces  
*G. Fowler, D. Belliveau, J. Hamilton*
  16. Mise au point de systèmes d'acquisition des données océaniques en continu  
*D. Belliveau, J. Hamilton, G. Fowler*
  17. Mise au point d'une plate-forme de collecte des données atmosphériques en temps réel (PADIRT)  
*J. Hamilton, G. Fowler, D. Belliveau*
18. Flux de la glace de mer sur les plates-formes de T.-N.  
*S. Prinsenberg, I. Peterson*
  19. Échange transversal et mouvement des glaces sur le nord du Grand Banc : composante océanographique du Programme canadien d'étude des tempêtes dans l'Atlantique (PCETA II)  
*P. Smith, C. Tang, S. Prinsenberg, M. Ikeda*
  20. Mise au point de balises et d'instruments peu coûteux pour les glaces  
*G. Fowler, S. Prinsenberg, J. Hamilton*
  21. Modèle tridimensionnel de la circulation pour la région du golfe du Maine  
*J. Loder, D.A. Greenberg*
  22. Épaisseur de la glace de mer  
*S. Prinsenberg*
  23. Système de surveillance des impacts (MIMS)  
*D. Belliveau*
  24. Assimilation des données et télémétrie dans les modèles des vents océaniques  
*W. Perrie*
  25. Étude sur l'ablation des glaces de mer  
*C. Tang*
  26. Pression de la glace dans la banquise mobile sur la côte est du Canada  
*S. Prinsenberg*
  27. Vérification de l'information satellitaire sur la surface de l'océan  
*F. Dobson*
  28. Assimilation des données télémétriques satellitaires pour la simulation de la glace de mer et de l'océan  
*M. Ikeda*
  29. Étude de la glace de mer à l'aide des données ERS-1  
*C. Tang*
  30. Variation du climat de l'est du Canada en fonction des glaces de mer  
*S. Prinsenberg, M. Ikeda*
  31. Couplage des modèles des vagues océaniques aux modèles atmosphériques opérationnels  
*W. Perrie, B. Toulany*
  32. Modèle prédictif de la circulation pour la plate-forme de l'Atlantique canadien

*J. Loder, D. Greenberg*

## RESSOURCES VIVANTES

1. Circulation au sud-ouest de la Nouvelle-Écosse : l'expérience du Cap de Sable  
*P.C. Smith, D. LeFaivre (Québec), K. Tee, R. Trites*
2. Expérience du talus de la plate-forme : étude de la dynamique à basse fréquence et du brassage au talus de la plate-forme néo-écossaise  
*P.C. Smith*
3. Surveillance à long terme des températures  
*D. Gregory, B. Petrie, E. Verge*
4. Développement d'une installation de télémétrie à la Direction des sciences physiques et chimiques  
*C.S. Mason, B. Topliss, M. Stapenczak*
5. Échange horizontal et vertical sur le Platier  
*J.W. Loder, C.K. Ross*
6. Propriétés optiques des eaux canadiennes  
*B.J. Topliss*
7. Instruments de mesures biologiques pour l'Arctique  
*A. Herman, M. Mitchell*
8. Balayage acoustique multifréquence de la colonne d'eau  
*N.A. Cochrane*
9. Effets de l'écoulement de la baie d'Hudson sur la plate-forme du Labrador  
*K. Drinkwater*
10. Variabilité environnementale - corrélations, configurations et échelles de réaction  
*K. Drinkwater*
11. Identification des entités océaniques par des techniques de télémétrie et d'analyse multispectrale *in situ*  
*B. Topliss*
12. Échange entre les eaux côtières et les estuaires, les bras de mer et les baies dans la Région Scotia-Fundy  
*G. Bugden*
13. Océanographie physique et programme d'établissement des profils du phytoplancton  
*G. Bugden*
14. Classification des estuaires, des bras de mer et des baies  
*R.W. Trites, B.D. Petrie*
15. Océanographie de la région de Quoddy  
*R.W. Trites*
16. Études sur le port de Halifax  
*D.J. Lawrence, B. Petrie*
17. Sonar multifréquence d'avant-garde  
*N.A. Cochrane*
18. Élaboration de modèles aux éléments finis pour la circulation sur la côte et sur la plate-forme  
*D. Greenberg*
19. Détecteur optique du microzooplancton  
*A.W. Herman, E.F. Phillips, M. Mitchell, S. Young*
20. Diagnostic des problèmes de mesure des courants par gros flux avec les courantomètres à ailettes Aanderaa  
*J.M. Hamilton, G.A. Fowler*
21. Échelles temporelles et spatiales de variabilité des courants sur le banc Occidental  
*K.F. Drinkwater, J.W. Loder, B. Sanderson (Memorial), K.R. Thompson (Dalhousie)*
22. Variabilité climatique des eaux de plate-forme caractéristiques dans la Région Scotia-Fundy  
*K.F. Drinkwater, J.W. Loder, B.D. Petrie, P.C. Smith, D. Lawrence, F. Page (DSB), S. Smith (DSB)*
23. Fluoromètre à fibres optiques  
*M. Mitchell, A.W. Herman*
24. Système de relevés benthiques sur la plate-forme  
*D.L. McKeown*
25. Surveillance à long terme du zooplancton par compteur optique amarré  
*A. Herman, D.D. Sameoto, N. Cochrane*
26. Importance des processus physiques et biologiques pour la régulation des populations de morue et d'aiglefin sur le banc Georges : étude d'après un modèle  
*D. Lynch, F.E. Werner, J.W. Loder, M.M. Sinclair, R.G. Lough, R.I. Perry, F.H. Page, D.A. Greenberg, P.C. Smith, W.W. Smith*
27. Variations à long terme de la section nord du courant de Nouvelle-Écosse  
*M.R. Mitchell, B. Petrie, K. Drinkwater, A. Herman, D. Sameoto, N. Cochrane*

## Océanographie Biologique

1. Propriétés bio-optiques de la zone

pélagique des océans

*T. Platt*

2. Dynamique des nutriments : effets sur la production primaire, le climat global et les pêches  
*W.G. Harrison, T. Platt, E. Horne, E. Head*
3. Océanographie physique de certaines entités en rapport avec des études d'écologie marine  
*E.P. Horne*
4. Productivité des microorganismes marins  
*W. Li, P. Dickie*
5. Dioxyde de carbone et climat : cycles biogéochimiques dans l'océans  
*T. Platt, W.G. Harrison*
6. Production secondaire et distribution dynamique du micronecton sur la plate-forme néo-écossaise  
*D. Sameoto, M. Kennedy*
7. Stratification biologique dans l'océan et flux global de carbone  
*A. Longhurst*
8. Les copépodes dans les flux verticaux de carbone et de pigments dans l'océan  
*E. Head*
9. Carbone organique dissous, agrégation des colloïdes et respiration  
*P. Kepkay, A. Boraie*
10. Surveillance de la productivité biologique des eaux canadiennes de l'Atlantique  
*T. Platt, W.G. Harrison, E. Head, E. Horne, W. Li, D. Sameoto*
11. Utilisation du carbone et de l'azote par le zooplancton et facteurs régissant la production secondaire  
*R. Conover*
12. Études terrestres des communautés planctoniques pélagiques et épontiques de la glace  
*R. Conover*
13. Recherche annuelle sur le plancton dans l'Arctique  
*R. Conover*
14. Efflorescences algales nuisibles et gestion de leurs effets  
*J. Smith*
15. Indicateurs des impacts biologiques des contaminants toxiques  
*J. Smith*
16. Écologie physiologique des efflorescences algales nuisibles  
*P. Cormier-Murphy*

1995

**SERVICES DU CLIMAT  
OCÉANIQUE**

1995

1. Études des microstructures dans l'océan  
*N.S. Oakey*
2. Recherches sur les flux air-mer de chaleur et de quantité de mouvements à grande échelle spatio-temporelle à l'aide de formules globales nouvellement étalonnées  
*F.W. Dobson, S.D. Smith*
3. Expérience du bassin de Terre-Neuve  
*R.A. Clark, R.M. Hendry, E.P. Jones*
4. Problèmes de la dynamique des fluides en géophysique  
*C. Quon*
5. Expérience de la mer de Norvège et du Groenland  
*R.A. Clark, E.P. Jones, J. Reid (Scripps), J. Swift (Scripps)*
6. Programme de largage de bathythermographes par des navires océanographiques occasionnels pour l'étude de l'accumulation de la chaleur dans l'Atlantique Nord  
*F. Dobson*
7. Gestion et archivage des données  
*D.N. Gregory*
8. Océanographie physique de l'Arctique oriental  
*C.K. Ross*
9. Variabilité saisonnière et interannuelle dans le golfe du Saint-Laurent  
*G.L. Bugden*
10. Courants de marée et courants résiduels - études de modélisation en 3-D  
*K.-T. Tee*
11. Techniques de manutention et d'opération pour les systèmes instruments/câbles  
*J.-G. Dessureault, R.F. Reiniger*
12. Système des carbonates et nutriments dans les régions arctiques  
*E.P. Jones*
13. Échange dans les courants giratoires : écoulement par 50°W au sud des Bancs de T.-N.  
*R. Hendry*
14. Expérience sur la circulation océanique mondiale (WOCE) - sections du programme hydrographique  
*R.A. Clarke, R.M. Hendry, E.P. Jones, J.R.N. Lazier*

15. Échange de CO<sup>2</sup> à l'interface air-mer  
*S.D. Smith, R. Anderson, F. Dobson, E.P. Jones*
16. Système CTD pour le programme des navires océanographiques occasionnels  
*J.-G. Dessureault, R.A. Clarke, B. Beanlands, S.W. Young*
17. Études sur le brassage turbulent pendant l'expérience de libération de traceurs dans l'Atlantique Nord  
*N.S. Oakey, B.R. Ruddick*
18. Mise au point de modèles efficaces pour l'étude des variations climatiques à long terme  
*D.G. Wright, T.S. Stocker*
19. Mécanismes de visionnement radar pour la cartographie des entités sous-marines  
*B.J. Topliss, T.H. Guymer*
20. Développement d'une chaîne température-salinité  
*G.A. Fowler, R.A. Clarke*
21. Climatologies de la température de la surface de la mer : *in situ* et par satellite  
*B. Topliss*

**DÉVELOPPEMENT  
OCÉANOLOGIQUE ET  
TRANSPORT**

1. Analyse de la trajectoire des nappes d'huile  
*D.J. Lawrence, P.C. Smith*
2. Processus hivernaux dans le golfe du Saint-Laurent  
*G. Bugden*
3. Nouveau vibrocarottier commandé en surface, télécommandé sous la surface ou à partir d'un véhicule télécommandé  
*G. Fowler*

**RESSOURCES ÉNERGÉTIQUES DU  
LARGE**

1. Glaces du littoral du Labrador  
*S. Prinsenberg, I. Peterson*
2. Dynamique mer et vent  
*W. Perrie*
3. Modélisation de la glace et des icebergs qui longent la côte du Labrador et l'île de Baffin  
*M. Ikeda*
4. Circulation à grande échelle dans la mer du Labrador et la baie de Baffin  
*M. Ikeda*
5. Études sur la marge de glace du

Labrador

*C. Tang, M. Ikeda*

6. Océanographie de la plate-forme continentale de Terre-Neuve  
*B.D. Petrie*
7. Étude de la variabilité des courants et de la dynamique de la couche mixte dans la région nord-est des Bancs de T.-N.  
*C.L. Tang, B.D. Petrie*
8. Anémomètres pour bouées dérivantes  
*J.-G. Dessureault, D. Harvey*
9. Mise au point d'un dériveur Lagrangien de surface  
*D.L. McKeown*
10. Échange horizontal et vertical sur le banc Georges  
*J. Loder, K. Drinkwater, E. Horne, N. Oakey*
11. CO<sup>2</sup> océanique  
*E.P. Jones*
12. Interactions entre le champ de vent et les vagues  
*F. Dobson, S. Smith, W. Perrie*
13. Système de gestion des données océanographiques  
*D. Gregory, G. Boudreau*
14. Étude des courants océaniques au-dessus de l'Atlantique canadien à l'aide d'altimètres satellitaires et de modèles  
*M. Ikeda*
15. Mise au point d'un système d'amarrage résistant aux glaces  
*G. Fowler, D. Belliveau, J. Hamilton*
16. Mise au point de systèmes d'acquisition des données océaniques en continu  
*D. Belliveau, J. Hamilton, G. Fowler*
17. Mise au point d'une plate-forme de collecte des données atmosphériques en temps réel (PADIRT)  
*J. Hamilton, G. Fowler, D. Belliveau*
18. Flux de la glace de mer sur les plates-formes de T.-N.  
*S. Prinsenberg, I. Peterson*
19. Échange transversal et mouvement des glaces sur le nord du Grand Banc : composante océanographique du Programme canadien d'étude des tempêtes dans l'Atlantique (PCETA II)  
*P. Smith, C. Tang, S. Prinsenberg, M. Ikeda*
20. Mise au point de balises et d'instruments peu coûteux pour les glaces

- G. Fowler, S. Prinsenberg, J. Hamilton*
21. Modèle tridimensionnel de la circulation pour la région du golfe du Maine  
*J. Loder, D.A. Greenberg*
  22. Épaisseur de la glace de mer  
*S. Prinsenberg*
  23. Système de surveillance des impacts (MIMS)  
*D. Belliveau*
  24. Assimilation des données et télémétrie dans les modèles des vents océaniques  
*W. Perrie*
  25. Étude sur l'ablation des glaces de mer  
*C. Tang*
  26. Pression de la glace dans la banquise mobile sur la côte est du Canada  
*S. Prinsenberg*
  27. Vérification de l'information satellitaire sur la surface de l'océan  
*F. Dobson*
  28. Assimilation des données télémétriques satellitaires pour la simulation de la glace de mer et de l'océan  
*M. Ikeda*
  29. Étude de la glace de mer à l'aide des données ERS-1  
*C. Tang*
  30. Variation du climat de l'est du Canada en fonction des glaces de mer  
*S. Prinsenberg, M. Ikeda*
  31. Couplage des modèles des vagues océaniques aux modèles atmosphériques opérationnels  
*W. Perrie, B. Toulany*
  32. Modèle prédictif de la circulation pour la plate-forme de l'Atlantique canadien  
*J. Loder, D. Greenberg*
- RESSOURCES VIVANTES**
1. Expérience du talus de la plate-forme : étude de la dynamique à basse fréquence et du brassage au talus de la plate-forme néo-écossaise  
*P.C. Smith*
  2. Surveillance à long terme des températures  
*D. Gregory, B. Petrie, E. Verge*
  3. Développement d'une installation de télémétrie à la Direction des sciences physiques et chimiques  
*C.S. Mason, B. Topliss, M. Stapenczak*
  4. Échange horizontal et vertical sur le Platier  
*J.W. Loder, C.K. Ross*
  5. Propriétés optiques des eaux canadiennes  
*B.J. Topliss*
  6. Balayage acoustique multifréquence de la colonne d'eau  
*N.A. Cochrane*
  7. Effets de l'écoulement de la baie d'Hudson sur la plate-forme du Labrador  
*K. Drinkwater*
  8. Variabilité environnementale - corrélations, configurations et échelles de réaction  
*K. Drinkwater*
  9. Identification des entités océaniques par des techniques de télémétrie et d'analyse multispectrale *in situ*  
*B. Topliss*
  10. Échange entre les eaux côtières et les estuaires, les bras de mer et les baies dans la Région Scotia-Fundy  
*G. Bugden*
  11. Océanographie physique et programme d'établissement des profils du phytoplancton  
*G. Bugden*
  12. Classification des estuaires, des bras de mer et des baies  
*R.W. Trites, B.D. Petrie*
  13. Études sur le port de Halifax  
*D.J. Lawrence, B. Petrie*
  14. Sonar multifréquence d'avant-garde  
*N.A. Cochrane*
  15. Élaboration de modèles aux éléments finis pour la circulation sur la côte et sur la plate-forme  
*D. Greenberg*
  16. Détecteur optique du microzooplancton  
*A.W. Herman, E.F. Phillips, M. Mitchell, S. Young*
  17. Diagnostic des problèmes de mesure des courants par gros flux avec les courantomètres à ailettes Aanderaa  
*J.M. Hamilton, G.A. Fowler*
  18. Échelles temporelles et spatiales de variabilité des courants sur le banc Occidental  
*K.F. Drinkwater, J.W. Loder, B. Sanderson (Memorial), K.R. Thompson (Dalhousie)*
  19. Variabilité climatique des eaux de plate-forme caractéristiques dans la Région Scotia-Fundy  
*K.F. Drinkwater, J.W. Loder, B.D. Petrie, P.C. Smith, D. Lawrence, F. Page (DSB), S. Smith (DSB)*
  20. Fluoromètre à fibres optiques  
*M. Mitchell, A.W. Herman*
  21. Système de relevés benthiques sur la plate-forme  
*D.L. McKeown*
  22. Surveillance à long terme du zooplancton par compteur optique amarré  
*A. Herman, D.D. Sameoto, N. Cochrane*
  23. Importance des processus physiques et biologiques pour la régulation des populations de morue et d'aiglefin sur le banc Georges : étude d'après un modèle  
*D. Lynch, F.E. Werner, J.W. Loder, M.M. Sinclair, R.G. Lough, R.I. Perry, F.H. Page, D.A. Greenberg, P.C. Smith, W.W. Smith*
  24. Variations à long terme de la section nord du courant de Nouvelle-Écosse  
*M.R. Mitchell, B. Petrie, K. Drinkwater, A. Herman, D. Sameoto, N. Cochrane*
  25. Circulation des eaux dans les bras de mer  
*K.-T. Tee, B. Petrie, J. Wang*
- Océanographie biologique**
1. Propriétés bio-optiques de la zone pélagique des océans  
*T. Platt*
  2. Dynamique des nutriments : effets sur la production primaire, le climat global et les pêches  
*W.G. Harrison, T. Platt, E. Horne, E. Head*
  3. Océanographie physique de certaines entités en rapport avec des études d'écologie marine  
*E.P. Horne*
  4. Productivité des microorganismes marins  
*W. Li, P. Dickie*
  5. Dioxyde de carbone et climat : cycles biogéochimiques dans l'océans  
*T. Platt, W.G. Harrison*
  6. Production secondaire et distribution dynamique du micronecton sur la plate-forme néo-écossaise  
*D. Sameoto, M. Kennedy*
  7. Stratification biologique dans l'océan et flux global de carbone

- A. Longhurst
8. Les copépodes dans les flux verticaux de carbone et de pigments dans l'océan  
*E. Head*
  9. Carbone organique dissous, agrégation des colloïdes et respiration  
*P. Kepkay, A. Boraie*
  10. Surveillance de la productivité biologique des eaux canadiennes de l'Atlantique  
*T. Platt, W.G. Harrison, E. Head, E. Horne, W. Li, D. Sameoto*
  11. Effets de l'environnement sur la production biologique dans le golfe du Saint-Laurent  
*J. Smith*
  12. Productivité biologique  
*P. Cormier-Murphy*

**ENVIRONNEMENT CANADA  
DIRECTION DE LA  
CONSERVATION DE  
L'ENVIRONNEMENT  
LABORATOIRE DE LA QUALITÉ  
DE L'ENVIRONNEMENT, IOB  
1994**

1. Surveillance; soumission et mise en application de la *Loi sur les pêches* dans l'industrie  
*K. Doe, O. Vaidya, P. Hennigar*
2. Surveillance des sites d'immersion des déchets en mer (Nouveau-Brunswick et Québec)  
*K. Doe, K. Tay (SPE)*
3. Expérience de biorestauration après une marée noire  
*K. Doe, K. Lee (MPO)*
4. Toxicité des agents de traitement des marées noires  
*A. Huybers, K. Doe*
5. R&D sur les méthodes d'essais toxicologiques - emploi des vers polychètes pour les tests  
*K. Doe, P. Pocklington, M. Pocklington*
6. Métaux dans les tissus des invertébrés (Gulfwatch)  
*O. Vaidya*
7. Distribution du mercure dans les tourbières  
*O. Vaidya*
8. Projet Canada-É.-U. de surveillance des moules du golfe du Maine (Gulfwatch) : fourniture de données sur les HAP, les BPC et les pesticides

- au Comité de surveillance de l'environnement du golfe du Maine; interprétation des données; soutien pour l'AQ; préparation de rapports.
9. Identification des hydrocarbures : service d'identification et d'appariement des produits chimiques des marées noires pour soutenir les enquêtes et les poursuites engagées par EC et la GCC en vertu de la *Loi sur les pêches* et de la *Loi sur la marine marchande du Canada*.
10. Lignes directrices pour l'assurance de qualité : élaboration de lignes directrices AQ/CQ pour les analyses dans le cadre du programme de surveillance des contaminants dans les coquillages et du programme sur l'immersion des déchets en mer.

**1995**

1. Surveillance soumission et mise en application de la *Loi sur les pêches* dans l'industrie  
*K. Doe, O. Vaidya, P. Hennigar*
2. Effets toxiques des chlorobenzènes dans les sédiments  
*K. Doe, D. Vaughan, S. Wade, A. Huybers*
3. Étude sur le gradient de pollution, Belledune (N.-B.)  
*K. Doe, S. Wade, A. Huybers, G. Wohlgeschaffen*
4. Effets biologiques du fluorure dans les sédiments marins  
*K. Doe, S. Wade, A. Huybers, G. Wohlgeschaffen*
5. Mesure des huiles et des graisses à l'aide du tétrachloroéthylène : étude de comparaison inter-laboratoires  
*O. Vaidya*
6. Dosage des métaux chez les moules, étude comparative des méthodes d'analyse  
*O. Vaidya, R. Rantala (MPO)*
7. Mercure dans les tissus de poissons de Nouvelle-Écosse  
*P. Horne, O. Vaidya*
8. Métaux dans les tissus des invertébrés (Gulfwatch)  
*O. Vaidya*
9. Projet de renflouage de l'*Irving Whale* : fourniture aux gestionnaires d'informations scientifiques et techniques sur les propriétés physiques et chimiques du mazout lourd, des BPC, du chlorobenzène,

- des dioxines et des furanes; données chimiques sur les sédiments et le biote; évaluation des concentrations ambiantes de BPC et d'autres contaminants près de l'épave, et rapport de soutien pour l'assurance de la qualité du projet.
10. Projet Canada-É.-U. de surveillance des moules du golfe du Maine (Gulfwatch) : fourniture de données sur les HAP, les BPC et les pesticides au Comité de surveillance de l'environnement du golfe du Maine; interprétation des données; soutien pour l'AQ; préparation de rapports.
11. Lignes directrices pour l'assurance de qualité : élaboration de lignes directrices AQ/CQ pour les analyses dans le cadre du Programme de surveillance des contaminants dans les coquillages et du Programme d'élimination des déchets en mer.

**COMMISSION  
GÉOLOGIQUE DU CANADA  
(ATLANTIQUE)**

**PROGRAMME DE GÉOLOGIE  
CÔTIÈRE**

1. Géotechnique de la zone côtière de la mer de Beaufort  
*S. Solomon*
2. Cartographie géologique de la zone côtière  
*R. Taylor*
3. Dynamique des sédiments et processus de dépôt dans la zone côtière  
*D. Forbes*
4. Changements relatifs du niveau de la mer et répercussions sur les côtes  
*J. Shaw*
5. Sédiments et minéraux non combustibles de la zone précôtière - MDA 2 - Nouvelle-Écosse  
*G. Fader*
6. Données indirectes sur le littoral et l'océan  
*J. Syvitski*
7. Études sur le delta du Fraser  
*H. Christian*

**GÉOLOGIE DU SUD-EST DE LA  
MARGE CANADIENNE**

1. Géologie du substrat rocheux de surface et peu profond des Bancs de Terre-Neuve et de la plate-forme

néo-écossaise

*G. Fader*

- Aspects techniques de la géologie de la plate-forme atlantique  
*R. Parrott*
- Affouillement des plates-formes continentales par les glaces  
*M. Lewis*
- Études 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*

### GÉOLOGIE DE L'EST DE L'ARCTIQUE ET DU SUBARCTIQUE

- Programme de cartographie géologique du substrat rocheux et des surfaces du fond marin dans l'est de la plate-forme de l'île de Baffin et dans le détroit d'Hudson  
*B. MacLean*
- Paléoécologie quantitative du Quaternaire dans l'est du Canada  
*P. Mudie*
- Géologie superficielle, géomorphologie et glaciologie du golfe du Saint-Laurent, de la plate-forme du Labrador et de la baie d'Hudson  
*H. Josenhans*

### GÉOLOGIE DE L'ARCTIQUE OCCIDENTAL

- Géologie et géomorphologie des surfaces de fond - plate-forme continentale de la mer de Beaufort  
*S. Blasco*

### GÉOCHIMIE

- Diagenèse et cycles géochimiques  
*R. Cranston*
- Début de la diagenèse dans les sédiments marins du Quaternaire de l'est et de l'Arctique canadiens  
*D. Buckley*
- Géologie de l'environnement marin de la rade et des approches de Halifax (Nouvelle-Écosse)  
*D. Buckley*

### LEVÉS GÉOPHYSIQUES

### RÉGIONAUX

- Interprétation des données sur les champs potentiels  
*J. Verhoef*
- Anomalies magnétiques et gravitationnelles dans les bassins sédimentaires  
*B. Loncarevic*
- Compilations de données magnétiques  
*R. Macnab*
- Géophysique régionale du Mésozoïque-Cénozoïque à la marge de Terre-Neuve  
*K. Coffin*
- Évolution des marges continentales  
*G. Bassi*

### ÉVALUATION DES RESSOURCES D'HYDROCARBURES

- Inventaire des hydrocarbures des bassins sédimentaires de l'est canadien  
*D. McAlpine*
- Études de maturation  
*D. McAlpine*

### BIOSTRATIGRAPHIE

- Zonation biostratigraphique des roches mésozoïques et cénozoïques de la plate-forme atlantique  
*P. Ascoli*

### BASES DE DONNÉES QUANTITATIVES

- Archivage des échantillons et des données  
*I. Hardy*

### PROGRÈS EN TECHNOLOGIE GÉOLOGIQUE

- Développement d'un carottier à piston de grand diamètre  
*W. McKinnon*
- Développement et mise en oeuvre de la technologie des véhicules télécommandés  
*K. Manchester*
- Développement des systèmes  
*D. Heffler*

### TRAVAUX GÉOLOGIQUES SPÉCIAUX

- Atlas des bassins du large de l'est canadien  
*D. Ross*
- Géologie du substrat rocheux de la

baie d'Hudson et du golfe du Saint-Laurent

*A. Grant*

- Programme des Appalaches  
*P. Giles*

### ÉTUDE DES STRUCTURES GÉOLOGIQUES PROFONDES

- Évolution des eaux profondes et des bassins sédimentaires adjacents au large de l'est du Canada et de l'ouest du Groenland  
*S. Srivastava*
- Propriétés de l'écorce terrestre  
*M. Salisbury*
- Étude géophysique de la région du golfe du Saint-Laurent  
*F. Marillier*
- Travaux de sismique-réflexion marine profonde - est du Canada  
*C. Keen*
- Sismique-réfraction - mer du Labrador et baie de Baffin  
*R. Jackson*
- Modélisation dynamique des bassins cratoniques - bassins d'Hudson et de l'ouest du Canada  
*R. Courtney*

### MODÉLISATION GÉOPHYSIQUE THÉORIQUE

- Processus d'accrétion et développement des marges continentales passives  
*C. Keen*

### ANALYSE DES BASSINS ET GÉOLOGIE DU PÉTROLE

- Atlas palynostratigraphiques  
*R. Fensome*
- Géologie régionale des roches mésozoïques et cénozoïques des marges continentales de l'Atlantique  
*J. Wade*
- Stratigraphie et sédimentologie des roches mésozoïques et tertiaires de la marge continentale de l'Atlantique  
*L. Jansa*
- Évolution des bassins sédimentaires de la marge continentale de Terre-Neuve, du Labrador et de la baie de Baffin  
*D. McAlpine*
- Modélisation des hydrocarbures au large de l'est du Canada  
*M. Williamson*



# Missions des navires

---

La présente partie comporte une description des navires que le ministère des Pêches et des Océans, région des Maritimes, exploite à des fins de recherche scientifique et de levés hydrographiques. Elle énumère également les missions et les recherches entreprises par ces navires en 1994 et 1995. Elle relate aussi les missions effectuées à bord de bateaux non exploités par le Ministère, mais auxquels des scientifiques de la région des Maritimes du MPO ont participé.

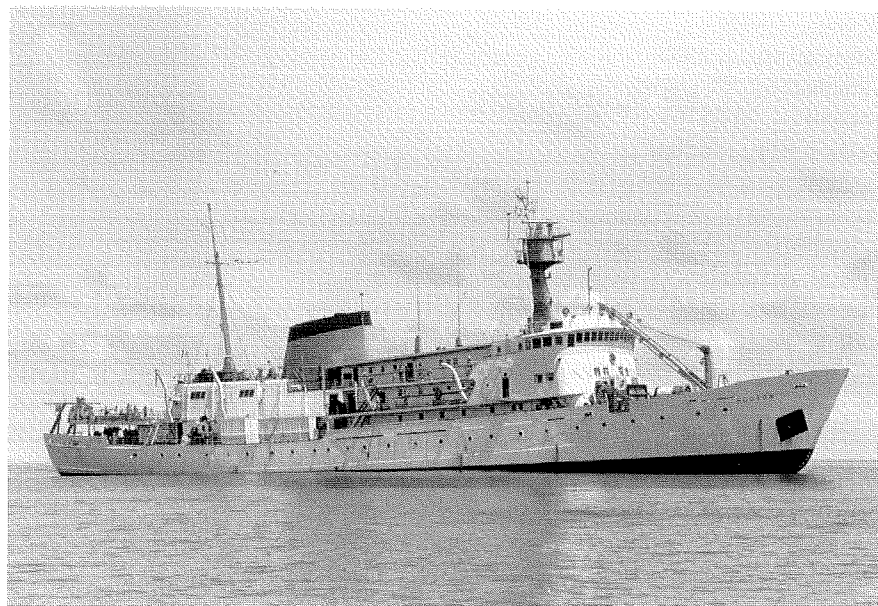
On y utilise les abréviations suivantes :

CGA	Centre géoscientifique de l'Atlantique
CM	Courantomètre sous-marin ancré
CTD	Profileur de conductivité-température-profondeur
DPH	Direction des pêches et de l'habitat, Région des Maritimes
DSB	Direction des sciences biologiques, Région des Maritimes
DSPC	Direction des sciences physiques et chimiques, Région des Maritimes
JGOFS	Étude commune des flux océaniques à l'échelle du globe
MU	Memorial University (Terre-Neuve)
OPANO	Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest
PSMN	Programme scientifique sur la morue du Nord
QUÉ.	Région du Québec du ministère des Pêches et des Océans
RSO	Radar à synthèse d'ouverture
SHC	Service hydrographique du Canada, Direction de l'hydrographie
TCDA	Profileur de courant Doppler acoustique
T.-N.	Région de Terre-Neuve du ministère des Pêches et des Océans
WOCE	Expérience sur la circulation océanique mondiale

**NSC HUDSON**

Le NSC *Hudson* est un navire à propulsion diesel-électrique conçu et utilisé pour des activités multi-disciplinaires de recherche océanologique. Il appartient au MPO et est exploité par la région des Maritimes du Ministère. Il est couramment utilisé par la Commission géologique du Canada, région de l'Atlantique, du ministère des Ressources naturelles du Canada.

Coque ..... Classe Lloyds Ice I  
 Construit en ..... 1962  
 Longueur ..... 90,4 m  
 Largeur ..... 15,2 m  
 Tirant d'eau ..... 6,3 m  
 Distance du franc-bord au pont de travail ..... 3,2 m  
 Déplacement ..... 4 847 tonnes  
 Jauge brute ..... 3 721 tonnes  
 Vitesse maximale ..... 17 noeuds  
 Vitesse de croisière ..... 13 noeuds  
 Autonomie ..... 80 jours  
 Distance franchissable à la vitesse de croisière  
 ..... 23 000 milles marins  
 Équipe scientifique ..... 31 personnes  
 Deux hélices  
 Propulseur d'étrave pour le maintien de la position  
 Système informatique  
 Plate-forme et hangar à hélicoptère  
 205 m<sup>2</sup> de superficie de laboratoire  
 Quatre vedettes hydrographiques

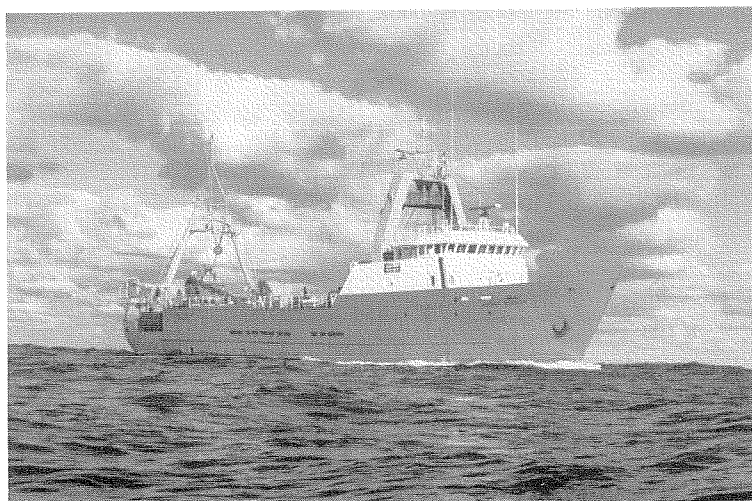


Année et numéro de la mission	Dates	Chef de mission	Lieu	Objectifs
<b>1994</b>				
94-002	2-13 mai	E. Colbourne (T.-N.)	Plate-forme de T.-N.	Physique
94008	24 mai-12 juin	J. Lazier (IOB)	Banc Hamilton/ Mer du Labrador	Physique/biologie (JGOFS)
94-016	3-30 juin	G. Ingram / J.C. Therriault (McGill/IML)	Golfe du Saint-Laurent	Physique/biologie (JGOFS)
94-017	2-22 juillet	S. Narayanan (T.-N.)	Grands Bancs de T.-N.	Physique
94-027	15 août-2 sept.	A. Grant (CGC-A)	Chenal Laurentien	Géophysique
94-021	6 sept.-7 oct.	G. Sonnichsen (CGC-A)	Chenal Laurentien	Géophysique
94-030	12 oct.-10 nov.	A. Clarke (IOB)	Bassin de T.-N.	Physique (WOCE)
94-032	15-25 nov.	G. Fader (CGC-A)	Plate-forme néo-écossaise	Géophysique
<b>1995</b>				
95-003	19 avril-17 mai	A. Clarke (IOB)	Bassin de T.-N.	Physique (WOCE)
95-006	23 mai-3 juin	H. Josenhans (CGC-A)	Détroit de Cabot	Géophysique
95-011	8 juin-4 juillet	A. Clarke (IOB)	Mer du Labrador	Physique (WOCE)
95-016	6-23 juillet	T. Platt (IOB)	Mer du Labrador	Biologie (JGOFS)
95-020	9 août-5 oct.	E. Brown (SHC)	Inlet Rankin	Hydrographie
95-030	14 oct.-6 nov.	G. Fader/R. Courtney (CGC-A)	Baie de Fundy/plate-forme néo-écossaise	Géophysique
95-033	15 nov.-8 déc.	D. Piper/C. Amos (CGC-A)	Grands Bancs de T.-N. / golfe du Saint-Laurent	Géophysique

**NSC ALFRED NEEDLER**

Le NSC *Alfred Needler* est un chalutier arrière à propulsion diesel-électrique qui appartient au MPO. Il est exploité par la région des Maritimes du Ministère, qui l'utilise pour la recherche halieutique, y compris les études acoustiques, la recherche sur l'écologie des poissons juvéniles et les études de recrutement.

Coque ..... acier  
 Construit en ..... 1982  
 Longueur ..... 50,3 m  
 Largeur ..... 11 m  
 Tirant d'eau ..... 4,8 m  
 Distance du franc-bord au pont de travail ..... 2,5 m  
 Déplacement ..... 877 tonnes  
 Jauge brute ..... 925 tonnes  
 Vitesse maximale ..... 13,5 noeuds  
 Vitesse de croisière ..... 12 noeuds  
 Autonomie ..... 30 jours  
 Distance franchissable à la vitesse de croisière .....  
 3 000 milles marins  
 Équipe scientifique ..... 10 personnes



Année et numéro de la mission	Dates	Chef de mission	Lieu	Objectifs
<b>1994</b>				
93-197	5-24 janvier	C. LeBlanc (CPG)	Sud du golfe du Saint-Laurent	Biomasse du hareng et de la morue
93-200	15-25 février	J. Hunt (IOB)	Banc Georges	Relevé de recherche sur le poisson de fond
93-201	26 fév.-10 mars	R. Mohn (IOB)	4VsW	Relevé de recherche sur le poisson de fond
93-202	14-26 mars	E. Trippel (IOB)	Banc Georges	Acoustique/Relevé de recherche au chalut à morue
94-220	6-12 mai	M. Showell (IOB)	Plate-forme néo-écossaise	Formation pour le Programme international des observateurs
94-205	16-20 mai	F. MacLellan (IOB)	Île de Sable	Échantillonnage de poisson
94-203	24-26 mai	B. Nichols (CGC-A)	Bassin de Bedford	Essais d'engin
94-206	6-8 juin	M. Strong (SBSA)	Plate-forme néo-écossaise	Essais d'engin
94-208	9-13 juin	M. Showell (IOB)	Plate-forme néo-écossaise	Formation pour le Programme international des observateurs
94-204	13-28 juin	F. Gregoire (IML)	Golfe du Saint-Laurent	Relevé de recherche sur le poisson de fond
94-207	29-30 juin	J. McRuer (IOB)	Plate-forme néo-écossaise	Essais d'engin
94-221	4-15 juillet	J. Hunt (IOB)	Golfe du Maine	Relevé de recherche sur le poisson de fond
94-221	18 juin-29 juil.	J. Hunt (IOB)	Golfe du Maine	Relevé de recherche sur le poisson de fond
94-219	1 <sup>er</sup> -12 août	G. Robert (IOB)	Banc Georges	Relevé de recherche sur le pétoncle
94-209	16 août-9 sept.	Frechette (IML)	Nord du golfe du Saint-Laurent	Relevé de recherche sur le poisson de fond et la crevette
94-210	10 sept.-1 <sup>er</sup> oct.	D. Swain (CPG)	Sud du golfe du Saint-Laurent	Relevé de recherche sur le poisson de fond
94-223	4-6 oct.	M. Strong (SBSA)	Plate-forme néo-écossaise	Essais d'engin
94-212	14-31 oct.	M. Showell (IOB)	Plate-forme néo-écossaise	Essais int. de chaluts pél. pour les jeunes gadidés
94-211	1 <sup>er</sup> -15 nov.	R. Stephenson (SBSA)	Plate-forme néo-écossaise	Relevé de recherche sur les larves de hareng
94-213	16-29 nov.	G. Melvin (SBSA)	Banc Georges	Relevé de recherche sur le hareng
94-218	13 nov.-11 déc.	C. Leblanc (CPG)	Baie des Chaleurs	Relevé de recherche sur le hareng juvénile
<b>1995</b>				
94-214	10-29 janvier	G. Chouinard (CPG)	Détroit de Cabot	Biomasse du hareng et de la morue
94-215	20 jan.-3 fév.	D. Marcogliese (IML)	Île de Sable	Études sur le ver de phoque
94-216	16-24 février	J. Hunt (IOB)	Banc Georges	Relevé de recherche sur le poisson de fond
94-217	26 fév.-12 mars	R. Mohn (IOB)	4VsW	Relevé de recherche sur le poisson de fond
95-223	19-22 avril	M. Showell (OIB)	Plate-forme néo-écossaise	Formation d'observateurs

95-225	21-22 juin	J. McRuer (IOB)	Bassin Émeraude	Essais d'engin
95-226	26 juin-7 juillet	J. Hunt (IOB)	Plate-forme néo-écossaise	Relevé de recherche sur le poisson de fond
95-227	9-20 juillet	J. Hunt (IOB)	Plate-forme néo-écossaise	Relevé de recherche sur le poisson de fond
95-229	5 août-6 sept.	Frechet/F. Gregoire (IML)	Golfe du Saint-Laurent	Relevé de recherche sur le poisson de fond et la crevette
95-230	7 sept.-1 <sup>er</sup> oct.	D. Swain/MacLellan (SBSA/IOB)	Golfe du Saint-Laurent	Relevé de recherche sur le poisson de fond
95-231	13-30 oct.	M. Showell (IOB)	Plate-forme néo-écossaise	Relevé de recherche sur le merlu argenté
95-232	31 oct.-13 nov.	R. Stephenson (SBSA)	Baie de Fundy	Études sur le hareng
95-233	15-28 nov.	G. Melvin (SBSA)	Banc Georges	Études sur le hareng
95-234	4-15 déc.	C. Leblanc (CPG)	Golfe du Saint-Laurent	Études sur le hareng

## NSC MATTHEW

Le NSC *Matthew* est un navire scientifique multi-disciplinaire utilisé essentiellement par le Service hydrographique du Canada. Il appartient au MPO et est exploité par la région des Maritimes du Ministère.

Coque ..... acier  
 Construit en ..... 1990  
 Longueur ..... 51,2 m  
 Largeur ..... 10,5 m  
 Tirant d'eau ..... 3,2 m  
 Distance du franc-bord au pont de travail ..... 1,1 m  
 Déplacement ..... 745 tonnes  
 Jauge brute ..... 857 tonnes  
 Vitesse maximale ..... 12 noeuds  
 Vitesse de croisière ..... 10 noeuds  
 Autonomie ..... 20 jours  
 Distance franchissable à la vitesse de croisière .....  
 4 000 milles marins  
 Équipe scientifique ..... 7 personnes  
 EM100



Année et numéro de la mission	Dates	Chef de mission	Lieu	Objectifs
<b>1994</b>				
94-026	25 avril-3 juin	SHC (IOB)	Plate-forme néo-écossaise	Hydrographie
94-004	7 juin-14 juil.	SHC (IOB)	Baie Notre-Dame	Hydrographie
94-004	12 août-2 sept.	SHC (IOB)	Côte du Labrador	Hydrographie
94-004	6 sept.-14 oct.	SCH (IOB)	Baie Bonavista	Hydrographie
94-042	17-28 oct.	B. Loncaravic (CGC-A)	Plate-forme néo-écossaise	Géophysique
<b>1995</b>				
95-004	27 avril-7 juin	D. Blaney (IOB)	Sud-est de la côte de Terre-Neuve	Hydrographie
95-014	23 juin-14 juil.	R. Sterling (IOB)	Baie Bonavista	Hydrographie
95-021	9 août-15 sept.	G. Henderson (IOB)	Côte du Labrador	Hydrographie
95-026	19 sept.-27 oct.	D. Blaney (IOB)	Côte sud de Terre-Neuve	Hydrographie

## NSC PARIZEAU

Le NSC *Parizeau* est un navire à propulsion diesel conçu et utilisé pour les activités océanographiques multi-disciplinaires comprenant des recherches océanographiques, des levés hydrographiques et la manipulation des mouillages d'instruments en eau profonde et sur les hauts-fonds. Il appartient au MPO et est exploité par la région des Maritimes du Ministère.

Coque ..... acier  
 Construit en ..... 1967  
 Longueur ..... 64,6 m  
 Largeur ..... 12,2 m  
 Tirant d'eau ..... 4,6 m  
 Distance du franc-bord au pont de travail ..... 1,5 m  
 Déplacement ..... 2 047,6 tonnes  
 Jauge brute ..... 1 359,5 tonnes  
 Vitesse maximale ..... 14 noeuds  
 Vitesse de croisière ..... 12 noeuds  
 Autonomie ..... 45 jours  
 Distance franchissable à la vitesse de croisière .....  
 11 000 milles marins  
 Équipe scientifique ..... 13 personnes  
 Deux hélices à pas variables  
 Propulseur d'étrave pour le maintien de la position  
 Salle d'informatique  
 65 m<sup>2</sup> de superficie de laboratoire (deux laboratoires)



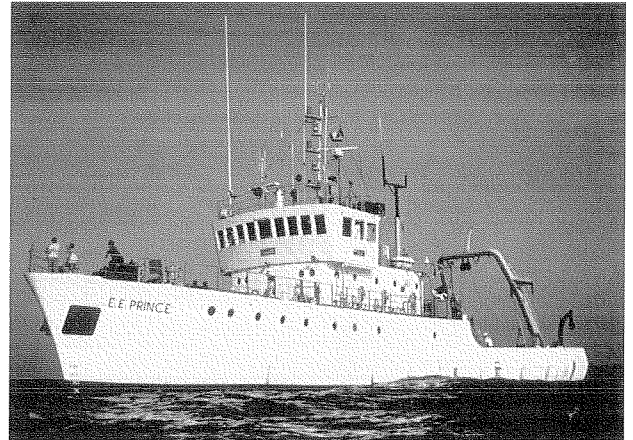
Année et numéro de la mission	Dates	Chef de mission	Lieu	Objectifs
<b>1994</b>				
94-001	11-15 avril	K. Muschenheim (IOB)	Île de Sable	Dynamique des particules
94-007	18 avril-2 mai	J. Gagne/Castonguay (IML)	Golfe du Saint-Laurent	Essais d'engin
94-012	3-20 mai	P. Quellet/D. D'Amours (IML)	Golfe du Saint-Laurent	Études sur les larves de morue
94-005	25 mai-2 juin	M. Mitchell (IOB)	Plate-forme néo-écossaise	Physique (GLOBEC)
94-009	6-11 juin	D. Sameoto (IOB)	Plate-forme néo-écossaise	Zooplancton
94-011	14-23 juin	D. Belliveau (IOB)	Bassin Émeraude	Essais de matériel
94-018	24-30 juin	P. Smith (IOB)	Banc Georges	Physique (GLOBEC)
94-015	4-21 juillet	T. Rowell (IOB)	Grands Bancs de Terre-Neuve	Étude des effets du chalutage
94-028	20-30 août	Simard (IML)	Golfe du Saint-Laurent	Biologie
94-037	1 <sup>er</sup> -9 sept.	Rouge (IML)	Golfe du Saint-Laurent	Études sur le krill
94-036	10-27 sept.	LeBoeuf (IML)	Golfe du Saint-Laurent	Contaminants
94-038	19 sept.-7 oct.	J. Gagne (IML)	Golfe du Saint-Laurent	Études sur la morue
94-035	11-20 oct.	E. Colbourne (T.-N.)	Plate-forme de Terre-Neuve	Physique
94-029	24 oct.-4 nov.	S. Niven (IOB)	Plate-forme néo-écossaise	Chimie des particules
94-033	14-29 nov.	G. Bugden (IOB)	Golfe du Saint-Laurent	Physique de la prévision des glaces
94-034	30 nov.-14 déc.	F. Dobson (IOB)	Grands Bancs de Terre-Neuve	Physique (GRDE)
<b>1995</b>				
95-001	4-7 avril	D. Moore (CRSNG)	Plate-forme néo-écossaise	Essais de matériel
95-002	18-29 avril	M. Mitchell (IOB)	Plate-forme néo-écossaise	Physique (GLOBEC)
95-007	23-28 mai	D. Belliveau (IOB)	Plate-forme néo-écossaise	Essais de matériel
95-007	30 mai-1 <sup>er</sup> juin	T. Rowell (IOB)	Banc Georges	Essais de matériel
95-010	6-13 juin	P. Smith (IOB)	Banc Georges	Physique (GLOBEC)
95-013	19 juin-12 juil.	T. Rowell (IOB)	Grands Bancs de Terre-Neuve	Étude des effets du chalutage
95-017	13 juil.-2 août	S. Narayanan (T.-N.)	Grands Bancs de Terre-Neuve	Physique
95-018	3-4 août	G. Fader (CGC-A)	Port de Halifax	Géophysique

95-022	21 août-8 sept.	J. Gagne (IML)	Golfe du Saint-Laurent	Études sur la morue
95-024	9-18 sept.	J. Therriault (IML)	Golfe du Saint-Laurent	JGOFS
95-027	19-29 sept.	J. Runge (IML)	Golfe du Saint-Laurent	Études sur le krill
95-028	10-18 oct.	D. Sameoto (IOB)	Plate-forme néo-écossaise	Études sur le zooplancton
95-031	20 oct.-9 nov.	P. Galbraith (IML)	Golfe du Saint-Laurent	Physique
95-032	14-21 nov.	G. Bugden (IOB)	Golfe du Saint-Laurent	Physique de la prévision des glaces
95-034	24 nov.-3 déc.	P. Smith (IOB)	Banc Georges	Physique (GLOBEC)

**NSC E.E. PRINCE**

Le NSC *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 des Maritimes du Ministère.

Coque ..... acier  
 Construit en ..... 1966  
 Longueur ..... 39,6 m  
 Tirant d'eau ..... 3,65 m  
 Distance du franc-bord au pont de travail ..... 0,7 m  
 Déplacement ..... 580 tonnes  
 Jauge brute ..... 406 tonnes  
 Vitesse maximale ..... 10,5 noeuds  
 Vitesse de croisière ..... 10 noeuds  
 Autonomie ..... 14 jours  
 Distance franchissable à la vitesse de croisière ..... 3 000 milles marins  
 Équipe scientifique ..... 6 personnes



Année et numéro de la mission	Dates	Chef de mission	Lieu	Objectifs
<b>1994</b> 94-454	24 fév.-3 mars	G. Robert (IOB)	Plate-forme néo-écossaise	Relevé de recherche sur le pétoncle

**NSC NAVICULA**

Le NSC *Navicula* est un bateau de pêche appartenant au MPO. Il est exploité par la région des Maritimes du Ministère, qui l'utilise pour la recherche en océanographie biologique dans la zone côtière.

Coque ..... bois  
 Construit en ..... 1968  
 Longueur ..... 19,8 m  
 Largeur ..... 5,85 m  
 Tirant d'eau ..... 3,25m  
 Distance du franc-bord au pont de travail ..... 2,5 m  
 Déplacement ..... 104 tonnes  
 Jauge brute ..... 78 tonnes  
 Vitesse maximale ..... 10 noeuds  
 Vitesse de croisière ..... 9 noeuds  
 Autonomie ..... 8 jours (10 heures)  
 Distance franchissable à la vitesse de croisière .....  
 1 000 milles marins  
 Équipe scientifique ..... 3 personnes



Année et numéro de la mission	Dates	Chef de mission	Lieu	Objectifs
<b>1994</b>				
94-019	3 mai	J. Vandermeulen (IOB)	Bassin de Bedford	Pollution par les hydrocarbures
94-006	16-31 mai	C. Amos (CGC-A)	Baie Miramichi	Dynamique des sédiments
94-010	1 <sup>er</sup> -6 juin	D. Willis (IOB)	Cap-Breton	Biochimie des hydrocarbures
94-010	18-21 juin	D. Willis (IOB)	Cap-Breton	Biochimie des hydrocarbures
94-020	2-21 août	J. Smith (CPG)	Cap-Breton	Microbiologie
94-022	22-30 août	D. Willis (IOB)	Eaux côtières de l'Î.-P.-É.	Biochimie des hydrocarbures
94-024	6-10 sept.	J. Smith (CPG)	Sud du golfe du Saint-Laurent	Microbiologie
94-025	12-21 sept.	T. Lambert (IOB)	Cap-Breton	Relevés de recherche sur le poisson de fond
94-031	22-30 sept.	D. Willis (IOB)	Baie Sidney	Biochimie des hydrocarbures
94-041	1 <sup>er</sup> -16 oct.	J. Vandermeulen (IOB)	Baie Georges/Baie Sidney	Pollution par les hydrocarbures
94-040	17-25 oct.	D. Willis (IOB)	Lunenburg/Shelburne	Études des OFM
94-043	1 <sup>er</sup> -8 nov.	J. Smith (CPG)	Golfe du Saint-Laurent	Microbiologie
<b>1995</b>				
95-009	29 mai-14 juin	D. Willis (IOB)	Baie Sidney/Baie Georges	Surveillance de la pollution
95-012	15-28 juin	T. Lambert (IOB)	Baie Sidney	Chalutage
95-015	29 juin-9 juil.	J. Smith (CPG)	Golfe du Saint-Laurent	Toxicologie
95-019	8-17 août	J. Smith (CPG)	Golfe du Saint-Laurent	Toxicologie
95-023	5-15 sept.	J. Smith (CPG)	Golfe du Saint-Laurent	Toxicologie
95-025	18 sept.-5 oct.	T. Lambert (IOB)	Baie Sidney	Chalutage
95-029	10-20 oct.	J. Smith (CPG)	Golfe du Saint-Laurent	Toxicologie
95-035	23-27 oct.	D. Mossman (IOB)	Baie St. Margaret	Plie rouge

**NSC *JL HART***

Le NSC *JL Hart* est un chalutier arrière qui sert à la recherche halieutique, notamment à des opérations de chalutage léger (de fond et semi-pélagique), à des relevés de recherche sur l'ichtyoplancton, à l'échantillonnage océanographique et à l'essai d'engins scientifiques. Il appartient au MPO et est exploité par la région des Maritimes du Ministère.

Coque ..... acier  
 Construit en ..... 1974  
 Longueur ..... 19,8 m  
 Largeur ..... 6,1 m  
 Tirant d'eau ..... 3,65 m  
 Distance du franc-bord au pont de travail ..... 0,5 m  
 Déplacement ..... 109 tonnes  
 Jauge brute ..... 89,5 tonnes  
 Vitesse maximale ..... 10 noeuds  
 Vitesse de croisière ..... 8,5 noeuds  
 Autonomie ..... 7,5 jours  
 Distance franchissable à la vitesse de croisière .....  
 2 000 milles marins  
 Équipe scientifique ..... 3 personnes



Année et numéro de la mission	Dates	Chef de mission	Lieu	Objectifs
<b>1994</b>				
94-131	18 mai-1 <sup>er</sup> juin	G. Fader (CGC-A)	Cap-Breton	Géophysique
94-132	6-24 juin	E. Kenchington (IOB)	Digby	Études sur le pétoncle
94-133	27 juin-15 juil.	B. Waiwood (SBSA)	Baie Ste-Marie	Échantillonnage biologique
94-134	20 juil.-5 août	S. Robinson (SBSA)	Passamaquoddy	Études sur le pétoncle
94-136	8-11 août	R. Stephenson (SBSA)	Passamaquoddy	
94-137	15 août-2 sept.	E. Kenchington (IOB)	Haut-fond Lurcher	Pétoncle
94-140	7 sept.	K. Manchester (CGC-A)	Port de Halifax	Géophysique
94-138	14 sept.-7 oct.	J. Shaw (CGC-A)	Sud-ouest de Terre-Neuve/ Canso	Géophysique
94-139	12 oct.-1 <sup>er</sup> nov.	C. LeBlanc (CPG)	Golfe du Saint-Laurent	Études sur le hareng
<b>1995</b>				
95-140	23 mai-6 juin	C. Amos (CGC-A)	Port de Lunenburg	Géologie
95-141	7-13 juin	R. Stephenson (SBSA)	Baie Passamaquoddy	Études sur le plancton
95-142	14-30 juin	E. Kenchington (IOB)	Baie de Fundy	Études sur le pétoncle
95-143	4-11 juillet	H. Madill (MPNB)	Sud-ouest de la plate-forme	Cheptel reproducteur d'aiglefin
95-144	13-26 juillet	G. Melvin (SBSA)	Baie Scots	Études sur le hareng
95-145	27 juil.-5 août	S. Robinson (SBSA)	Baie Passamaquoddy	Études sur le pétoncle
95-146	8-17 août	D. Willis (IOB)	Port de St. John	Études sur la pollution
95-148	21 août-8 sept.	E. Kenchington (IOB)	Île Brier	Pétoncle
95-149	12-21 sept.	G. Fader (CGC-A)	Port de Shelbourne	Géologie
95-150	25 sept.-5 oct.	H. Madill (MPNB)	Baie de Fundy	Études sur le pétoncle
95-151	7-13 oct.	P. Lawton (SBSA)	Baie de Fundy	Études sur le homard
95-152	16-20 oct.	G. Melvin (SBSA)	Grand Manan	Étiquetage du hareng
95-153	21-27 oct.	H. Madill (MPNB)	Le Platier	Pêche à la palangre



## Participation à d'autres missions de recherche

### Ministère des Pêches et des Océans

#### Région des Maritimes

NGCC *Louis S. St. Laurent* (Canada)

Du 17 juillet au 9 septembre 1994

K.M. Ellis, R.W.P. Nelson

Section de la chimie des océans

Océan Arctique

Collecte d'échantillons d'eau et de sédiments dans l'océan Arctique en vue de mesurer la radioactivité naturelle et artificielle

NR *Onrust* (États-Unis)

Du 5 au 11 août 1995

T.G. Milligan

Section de l'écologie des habitats

Estuaire de l'Hudson

Étude sédimentologique dans l'estuaire de l'Hudson

NGCC *Louis S. St. Laurent* (Canada)

Du 18 août au 8 septembre 1995

R.W.P. Nelson, J.H. Abriel

Section de la chimie des océans

Océan Arctique

Collecte d'échantillons d'eau et de sédiments dans l'océan Arctique en vue de mesurer la radioactivité naturelle et artificielle

*Grace and Benjamin*

Du 19 au 23 septembre 1994

J. Tremblay et M. Eagles

Division des pêches des invertébrés,

LRHH

Little River, île du Cap-Breton

Élaboration d'un indice de l'abondance du recrutement du homard

*Foxy Lady, Ceilidh Time*

Du 18 au 28 septembre 1995

J. Tremblay et M. Eagles

Division des pêches des invertébrés,

LRHH

Élaboration d'un indice de l'abondance du recrutement du homard

Little River, île du Cap-Breton

*Cody, Kathryn*

Du 1<sup>er</sup> au 10 juin 1995

P. Koeller

Division des pêches des invertébrés,

LRHH

Biomasse de crevette de l'est de la plateforme néo-écossaise - Évaluation des stocks dans les fosses côtières et océaniques

NCSCM *Cormorant*

Du 11 au 13 octobre 1995

P. Koeller

Division des pêches des invertébrés,

LRHH

Baie Chédabouctou

Observations à bord du submersible

Pisces - trappes à crevettes et habitat des crevettes

NGCC *Louis-S.-St-Laurent*

Du 17 juillet au 9 septembre 1994

E.P. Jones

Océan Arctique

Trajectoire trans-Arctique de traceurs hydrographiques

NR *Discovery*

Du 25 août au 4 octobre 1994

T. Platt

Mer d'Oman

Études sur la production primaire/ télé-détection

NR *Discovery*

Du 16 novembre au 19 décembre 1994

T. Platt

Mer d'Oman

Études sur la production primaire/ télé-détection

NR *Meteor*

Du 14 novembre au 23 décembre 1994

J.R.N. Lazier

Mer du Labrador

Relevé hydrographique automnal, Atlantique Nord

*Seaward Johnson*

Du 24 avril au 5 mai 1995

N.S. Oakey

Golfe médio-atlantique

Expériences sur le terrain - GLOBEC

NR *Sonne*

Du 3 mai au 6 juillet 1995

T. Platt

Pacifique Sud-Est

Études sur la production primaire/ télé-détection

GCC *Simon Fraser*

Du 22 au 27 mai 1995

D.J. Lawrence

Golfe du Saint-Laurent

Pistage de la pollution de l'*Irving Whale* avec des bouées dérivantes

*Seaward Johnson*

Du 4 au 18 juin 1995

N.S. Oakey

Golfe médio-atlantique

Expériences sur le terrain - GLOBEC

GCC *Mary Hichens*

9 août 1995

D.J. Lawrence

Golfe du Saint-Laurent

Pistage de la pollution de l'*Irving Whale* avec des bouées dérivantes

GCC *Mary Hichens*

Du 12 au 15 août 1995

D.J. Lawrence

Golfe du Saint-Laurent

Pistage de la pollution de l'*Irving Whale* avec des bouées dérivantes

# Cartes et publications

---

**1994****Nouvelles cartes**

4209 Lockeport and/et Sherburne Harbour

**Nouvelles éditions**

4731 Forteau Bay to/à Domino Run

5001 Labrador Sea/Mer du Labrador

8011 Grand Bank/Grand Banc Northern Portion/Partie nord

8012 Flemish Pass/Chenal du Bonnet flamand

8013 Flemish Cap/Bonnet flamand

8014 Grand Banc/Grand Bank Partie nord-est/Northeast Portion

8015 Funk Island and Approaches/et les approches

8048 Cap Harrison à la baie St. Michael

**1995****Nouvelles cartes**

4852 Smith Sound and/et Random Sound

**Nouvelles éditions**

4001 Golf of Maine to/à détroit de Belle Isle

4016 Saint-Pierre à St. John's

4017 Cap Race au Cap Freels

4049 Grand Bank, Northern Portion/Grand Banc, partie nord to/  
au chenal du Bonnet flamand

4520 Baie Orange au cap Bonavista

4634 Baie La Poile aux îles Ramea

4700 Belle Isle à l'île Resolution

4728 Pointe Épinette au bassin Terrington

# MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS RÉGION DES MARITIMES

## DIRECTION DES SCIENCES

### DIVISION DE L'AQUACULTURE

#### 1994

- Aiken, D.E.** (ed.). 1994. World Aquaculture 25(1): 80 p.
- Aiken, D.E.** (ed.). 1994. World Aquaculture 25(2): 64 p.
- Aiken, D.E.** (ed.). 1994. World Aquaculture 25(4): 64 p.
- Anderson, D.M., S.P. Lall, and D. Langille.** 1994. Nutritional evaluation and utilization of underutilized fishery by-products by Atlantic salmon. Aquaculture Canada '94. Annual meeting Aquacul. Assoc. Canada, Yarmouth, NS, 1-4 June 1994. Program and abstracts, p.23 (abstract).
- Anderson, J.S.** and S.P. Lall. 1994. Nutritive value of fish meal for salmonids. p.389-393. In D.D. MacKinlay (ed.) High performance fish. Proc. International Fish Physiology Symposium, University of British Columbia, Vancouver, 16-21 July 1994.
- Benfey, T.J., R.L. Saunders, D.E. Knox, and P.R. Harmon.** 1994. Muscle ornithine decarboxylase activity as an indication of recent growth in pre-smolt Atlantic salmon, *Salmo salar*. Aquaculture 121: 125-135.
- Bower, S.M., D. Hervio, and S.E. McGladdery.** 1994. Potential for Pacific oysters, *Crassostrea gigas* to serve as reservoir hosts and carriers of oyster pathogens. ICES C.M. 1994/F:30 Mariculture Committee, Parasites in Mariculture.
- Bower, S.M., S.E. McGladdery, and I.M. Price.** 1994. Synopsis of infectious diseases and parasites of commercially exploited shellfish. Annual Review of Fish Diseases. 4: 1-199.
- Castell, J.D., J.G. Bell, D.R. Tocher, and J.R. Sargent.** 1994. Effects of purified diets containing different combinations of arachidonic and docosahexaenoic acid on survival, growth and fatty acid composition of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). Aquaculture 128: 315-333.
- Castell, J.D., L.D. Boston, and D.A. Nanton.** 1994. Marine fish larval nutrition: the live food problem. Aquaculture Canada '94. Annual meeting Aquacul. Assoc. Canada, Yarmouth, NS, 1-4 June 1994, Program and abstracts, p.21 (abstract).
- Chang, B.D.** (ed.) 1994. St. Andrews Biological Station activity report 1990-1993. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2269: iv +55 p.
- Charmentier-Daures, M., G.** Charmentier, K.P.C. Janssen, D.E. Aiken, and F. Van Herp. 1994. Involvement of eyestalk factors in the neuroendocrine control of osmoregulation in adult American lobster *Homarus americanus*. Gen. Comp. Endocrinol. 94: 281-293.
- Daly, J.G., A.R. Moore, and G. Olivier.** 1994. Bactericidal activity of Brook trout (*Salvelinus fontinalis*) peritoneal macrophages against avirulent strains of *Aeromonas salmonicida*. Fish & Shellfish Immunol. 4: 273-283.
- Daly, J.G., A.R. Moore, G. Olivier, and A.K. Kew.** 1994. Vaccination of Atlantic salmon with live, attenuated *Renibacterium salmoninarum*. Aquaculture Canada '94. Annual meeting Aquacul. Assoc. Canada, Yarmouth, NS, 1-4 June 1994, Program and abstracts, p.20 (abstract).
- Duston, J.** and R.L. Saunders. 1994. Production of underyearling Atlantic salmon smolts and long-term performance in a sea cage. p.105-109. In D.D. MacKinlay (ed.) High performance fish. Proc. International Fish Physiology Symposium, University of British Columbia, Vancouver, 16-21 July 1994.
- Duston, J.** and R.L. Saunders. 1994. Increases in Atlantic salmon smolt production by elevated water temperature. p.63-37. In D.D. MacKinlay (ed.) High performance fish. Proc. International Fish Physiology Symposium, University of British Columbia, Vancouver, 16-21 July 1994.
- Freeman, K.R.** 1994. Shellfish aquaculture, introductions and transfers of marine molluscs, and the vulnerability of the commons. Aquaculture Canada '94. Annual meeting Aquacul. Assoc. Canada, Yarmouth, NS, 1-4 June 1994, Program and abstracts, p.17 (abstract).
- Gendron, L.** and S.M.C. Robinson (ed.). 1994. The development of underutilized invertebrate fisheries in eastern Canada. Workshop proceedings. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2247: vii + 129 p.
- Harmon, P.** and R. Peterson. 1994. The effect of temperature and salinity on the growth of striped bass (*Morone saxatilis*). Bull. Aquacul. Assoc. Canada 94-2: 45-47.
- Harmon, P.R.** and R.H. Peterson. 1994. The effect of temperature and salinity on the growth of striped bass (*Morone saxatilis*). Aquaculture Canada '94. Annual meeting Aquacul. Assoc. Canada, Yarmouth, NS, 1-4 June 1994, Program and abstracts, p.15 (abstract).
- Kean-Howie, J.C.** 1994. The application of sodium alginate microparticulate diets for nutrition research on juvenile and larval bivalve molluscs. Ph.D. Thesis, Dalhousie University, June, 201 p.
- Kean-Howie, J.C.** 1994. The potential for shellfish aquaculture in the Bras D'Or lakes. Aquaculture Canada '94. Annual meeting Aquacul. Assoc. Canada, Yarmouth, NS, 1-4 June 1994, Program and abstracts, p.17 (abstract).
- Kean-Howie, J.C., J.D. Castell, R.G. Ackman, R.K. O'Dor, and C.J. Langdon.** 1994. New techniques for the study of molluscan nutrition. Bull. Aquacul. Assoc. Canada 94-2: 27-29.
- Kean-Howie, J.C., J.D. Castell, R.G.A. Ackman, R.K. O'Dor, G.F. Newkirk, and C.J. Langdon.** 1994. New techniques for the study of molluscan nutrition. Aquaculture Canada '94. Annual meeting Aquacul. Assoc. Canada, Yarmouth, NS, 1-4 June 1994, Program and abstracts, p.22 (abstract).
- Koshio, S., R.G. Ackman, and S.P. Lall.** 1994. Effects of oxidized herring and canola oils in diets on growth, survival, and flavour of Atlantic salmon, *Salmo salar*. J. Agr. Food Chem. 42: 1164-1169.
- Lall, S.P.** and D.E.M. Weerakoon. 1994. Vitamin B6 requirement of Atlantic salmon. Aquaculture Canada '94. Annual meeting Aquacul. Assoc. Canada, Yarmouth, NS, 1-4 June 1994, Program and abstracts, p.22 (abstract).
- Lall, S.P.** and G. Olivier. 1994. Nutrients and additives recommended in salmon feeding: myths and realities. Pathology and Nutrition in the Development of Aquaculture: Key to success, Puerto Mont, Chile, October 3-7, 1994 (abstract).
- Lall, S.P., S.J. Kaushik, P.Y. Le Bail, R. Keith, J.S. Anderson, and E. Plisetskaya.** 1994. Quantitative arginine requirement of Atlantic salmon (*Salmo salar*) reared in seawater. Aquaculture 124: 13-25.
- Marcogliese, D.J.** and G. McClelland. 1994.

- The status of biological research on sealworm (*Pseudoterranova decipiens*) in eastern Canada. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2260: viii + 26p.
- Martell, D.J.** and G. McClelland. 1994. Diets of sympatric flatfishes, *Hippoglossoides platessoides* (Fabricius), *Pleuronectes ferrugineus* (Storer), *Pleuronectes americanus* (Walbaum), from Sable Island Bank, Canada. J. Fish. Biol. 44: 821-848.
- Martin-Robichaud, D.J.**, R.H. Peterson, K. Waiwood, and E. Trippel. 1994. Salinity and temperature effects on cod (*Gadus morhua*) yolk utilization. 18th Annual Larval Fish Conference and Meeting of the Early Life History Section of the American Fisheries Society, hosted by Huntsman Marine Science Centre, St. Andrews, NB, 26-28 June 1994, Programs and abstracts, p.39-40 (abstract)
- Martin-Robichaud, D.J.**, R.H. Peterson, T.J. Benfey, and L.W. Crim. 1994. Direct feminization of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) using 17 $\beta$ -oestradiol-enriched Artemia as food. Aquaculture 123: 137-151.
- McClelland, G.** 1994. Current laboratory and field research on the life cycles and population dynamics of economically important anisakid nematodes. Bull. Scand. Soc. Parasitol. 4: 2. (Abstract)
- McClelland, G.** and D.J. Marcogliese. 1994. Larval anisakine nematode as biological indicators of cod (*Gadus morhua*) populations in the southern Gulf of St. Lawrence and on the Breton Shelf, Canada. Bull. Scand. Soc. Parasitol. 4: 97-116.
- McClelland, G.** and D.J. Martell. 1994. Report of the Scotia-Fundy Region. p.40-49. In Report of the 4th DFO Atlantic Parasitologist's Workshop, 28 September, 1994, Northwest Atlantic Fisheries Centre, St. John's, NF.
- McClelland, G.**, D.J. Marcogliese, and J.R. Arthur. 1994. Parasites as indicators of Gulf of St. Lawrence fish stocks. Fisheries Oceanography Committee meeting, 23-25 March 1994, Dartmouth, NS, WP94/39. Summarized in D. D'Amours, K.T. Frank, and G. Bugden (eds.) Report of the Working Group on Oceanographic Effects on Stock Migration and Mixing - reviewed by the Fisheries Oceanography Committee (FOC). DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/54: 18-19.
- McGladdery, S.E.** and Whyte, S.K. 1994. Basic necropsy of molluscs and crustaceans. Course text for Canadian Aquaculture Institute, University of Prince Edward Island, Charlottetown, PEI.
- McGladdery, S.E.** and Whyte, S.K. 1994. Diseases of molluscs and crustaceans (infectious and non-infectious). Course text for Canadian Aquaculture Institute, University of Prince Edward Island, Charlottetown, PEI.
- McGladdery, S.E.** and Whyte, S.K. 1994. Mollusc biology and husbandry. Course text for Canadian Aquaculture Institute, University of Prince Edward Island, Charlottetown, PEI.
- Morrison, C.M.** 1994. Morphological and histological changes in cod larvae at the start of exogenous feeding. 18th Annual Larval Fish Conference and Meeting of the Early Life History Section of the American Fisheries Society, hosted by Huntsman Marine Science Centre, St. Andrews, NB, 26-28 June 1994, Programs and abstracts, p.43 (abstract).
- Morrison, C.M.** and C.A. MacDonald. 1994. *Ceratomyxa drepanopsettae* and *Myxidium sphaericum* in the gallbladder of Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus*. International Society for Protozoology 10 Meeting, August 1994, Halifax, NS (abstract).
- Morrison, C.M.** and C.A. MacDonald. 1994. Myxosporean parasites in the gallbladder of the Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus*. Aquaculture Canada '94. Annual meeting Aquacul. Assoc. Canada, Yarmouth, NS, 1-4 June 1994, Program and abstracts, p.21 (abstract).
- Morrison, C.M.** and C.A. MacDonald. 1994. Normal and abnormal development of the jaws of the yolk-sac larva of the Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus*. 18th Annual Larval Fish Conference and Meeting of the Early Life History Section of the American Fisheries Society, hosted by Huntsman Marine Science Centre, St. Andrews, NB, 26-28 June 1994. Programs and abstracts, p.43 (abstract).
- Morrison, C.M.** and C.A. MacDonald. 1994. Preliminary description of the trophozoites and spores and discussion of taxonomy of myxosporean parasites in the gallbladder of the Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus*. ICES. CM1994/F:8.
- Morrison, C.M.**, J.P. Leger, and C.A. Morrison. 1994. A light microscopy and ultrastructural study of the sporulation of *Goussia gadi* (*Apicomplexa: Coccidia*) in the swim bladder wall of haddock *Melanogrammus aeglefinus*. Dis. Aquat. Org. 17: 181-189.
- Olivier, G.**, S.P. Lall, A. Kew and R.A. Keith. 1994. Effects of commercial  $\beta$ -glucans on immune response and disease resistance in Atlantic salmon. Aquaculture Canada '94. Annual meeting Aquacul. Assoc. Canada, Yarmouth, NS, 1-4 June 1994, Program and abstracts, p.20 (abstract).
- Parazo, M.**, S.P. Lall and R.G. Ackman. 1994. Apparent absorption of dietary tocopherols by Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture Canada '94. Annual meeting Aquacul. Assoc. Canada, Yarmouth, NS, 1-4 June 1994, Program and abstracts, p.21 (abstract).
- Parrish, C.C.**, J.D. Castell, J.A. Brown, L. Boston, J.S. Strickland, and D.C. Somerton. 1994. Fatty acid composition of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) eggs in relation to fertilization. Aquaculture Canada '94. Annual meeting Aquacul. Assoc. Canada, Yarmouth, NS, 1-4 June 1994, Program and abstracts, p.25 (abstract).
- Parsons, G. J.** and S.L. Waddy (ed.). 1994. Special issue on scallop culture. Bull. Aquacul. Assoc. Canada 94-3: 32 p.
- Parsons, G.J.**, S.M.C. Robinson, and J.D. Martin. 1994. Enhancement of giant scallop bed by spat naturally released from a scallop aquaculture site. Bull. Aquacul. Assoc. Canada 94-2: 21-23.
- Parsons, G.J.**, S.M.C. Robinson, and J.D. Martin. 1994. Enhancement of a scallop bed by the natural release of spat from a scallop aquaculture site. J. Shellfish Res. 13(1): 287 (abstract).
- Parsons, G.J.**, S.M.C. Robinson, and J.D. Martin. 1994. Enhancement of a scallop bed by the natural release of spat from a scallop aquaculture site. Aquaculture Canada '94. Annual meeting Aquacul. Assoc. Canada, Yarmouth, NS, 1-4 June 1994, Program and abstracts, p.13 (abstract).
- Patwary, M., E.** Kenchington, C.J. Bird, and E. Zouros. 1994. The use of random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers in genetic studies of the sea

- scallop *Placopecten magellanicus*. Journal of Shellfish Research 13 (2): 1-7.
- Peterson, R.H.** 1994. American eel. Bull. Aquacul. Assoc. Canada 94-1: 22-23.
- Peterson, R.H.** 1994. Fish and aquatic insect species richness in the St. Croix catchment. p.81-91. In B.M. MacKinnon and M.D.B. Burt (ed.) Proceedings of the workshop on ecological monitoring and research in the coastal environment of the Atlantic Maritime ecozone, March 9-11, 1994, St. Andrews, New Brunswick. Environment Canada Atlantic Region, Occasional Report No. 4.
- Peterson, R.H.** 1994. Striped bass. Bull. Aquacul. Assoc. Canada 94-1: 24-28.
- Peterson, R.H.** and D.J. Martin-Robichaud. 1994. First feeding and growth of elvers of the American eel (*Anguilla rostrata* (Lesueur)) at several temperature regimes. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2013: iii + 11 p.
- Peterson, R.H.** and D.J. Martin-Robichaud. 1994. Salinity and temperature effects on cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) embryology and yolk utilization. Aquaculture Canada '94. Annual meeting Aquacul. Assoc. Canada, Yarmouth, NS, 1-4 June 1994, Program and abstracts, p.24 (abstract).
- Ringø, E.**, R.E. Olsen, and J.D. Castell. 1994. Effect of dietary lactate on growth and chemical composition of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). J. World Aquaculture Society 25: 483-486.
- Robinson, S.M.C.** 1994. The potential for relaying as an enhancement method for the soft-shell clam, *Mya arenaria*. J. Shellfish Res. 13(1): 287 (abstract).
- Robinson, S.M.C.**, A. Macintyre, and S. Bernier. 1994. The impact of scallop drags on sea urchin grounds. Proceedings of the Green Sea Urchin Workshop, Boothbay Harbor, Maine, 27-28 September 1994. 16 p.
- Robinson, S.M.C.**, H. Scarth, and A. Macintyre. 1994. The green sea urchin fishery in southwestern New Brunswick. Proceedings of the Green Sea Urchin Workshop, Boothbay Harbor, Maine, 27-28 September 1994. 20 p.
- Saunders, R.L.**, J. Duston, and T.J. Benfey. 1994. Environmental and biological factors affecting growth dynamics in relation to smolting of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. Aquacult. Fish. Manage. 25: 9-20.
- Saunders, R.L.**, P.R. Harmon, and D.E. Knox. 1994. Smolt development and subsequent sexual maturity in previously mature male Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture 121: 79-93.
- Sigurgisladdottir, S.M.**, C.C. Parrish, S.P. Lall, and R.G. Ackman. 1994. Effects of feeding natural tocopherols and astaxanthin on Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillet quality. Food Res. Int. 27: 23-32.
- Sigurgisladdottir, S.M.**, C.C. Parrish, R.G. Ackman, and S.P. Lall. 1994. Tocopherol deposition in the muscle of Atlantic salmon (*Salmo salar*). J. Food Sci. 59: 256-259.
- Smith, S.J.**, K.G. Waiwood, and J.D. Neilson. 1994. Survival analysis for size regulation of Atlantic halibut. p.125-144. In N. Lange, L. Ryan, L. Billard, D. Brillinger, L. Conquest, and J. Greenhouse (ed.) Case studies in biometry. John Wiley & Sons, New York.
- Tocher, D.R.**, J.D. Castell, J.R. Dick, and J.R. Sargent. 1994. Effects of salinity on the growth and lipid composition of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and turbot (*Scophthalmus maximus*) cells in culture. Fish Physiology and Biochemistry. 13(6): 451-461.
- Waddy, S. L.** (ed.). 1994. Invited presentations - Aquaculture Canada 94. Bull. Aquacul. Assoc. Canada 94-4: 28 p.
- Waddy, S.L.** and G.J. Parsons (ed.). 1994. Proceedings of the 1994 annual meeting. Bull. Aquacul. Assoc. Canada 94-2: 64 p.
- Waddy, S.L.** and J.A. Brown (ed.). 1994. Bull. Aquacul. Assoc. Canada 94-1: 40 p.
- Waiwood, K.G.** 1994. Haddock. Bull. Aquacult. Assoc. Canada 94-1: 16-21.
- Waiwood, K.G.**, K.G. Howes, and J. Reid. 1994. Halibut aquaculture research at the St. Andrews Biological Station. p.43-46. In A. Fiander (ed.) Science review 1992 & '93 of the Bedford Institute of Oceanography, Halifax Fisheries Research Laboratory, and the St. Andrews Biological Station. Department of Fisheries and Oceans, Scotia-Fundy Region, Dartmouth, NS.
- Watson-Wright, W.M.** 1994. DFO contribution to ecological monitoring and research in southern New Brunswick. p.131-134. In B.M. MacKinnon and M.D.B. Burt (ed.) Proceedings of the workshop on ecological monitoring and research in the coastal environment of the Atlantic Maritime ecozone, March 9-11, 1994, St. Andrews, New Brunswick. Environment Canada Atlantic Region, Occasional Report No. 4.
- Whyte, S.K.**, R.J. Cawthorn, and S.E. McGladdery. 1994. Co-infection of bay scallops *Argopecten irradians* with *Perkinsus karlssoni* (Apicomplexa, Perkinsea) and an unidentified coccidian parasite. Diseases of Aquatic Organisms 18: 53-62.
- Wiklund, T.**, I. Dalsgaard, E. Eerola, and G. Olivier. 1994. Characteristics of "atypical", cytochrome oxidase negative *Aeromonas salmonicida* isolated from ulcerated flounders (*Platichthys flesus* (L.)). J. Appl. Bact. 76: 511-520.
- Xu, X.L.**, W.J. Ji, J.D. Castell, and R.K. O'Dor. 1994. Essential fatty acid requirements of the Chinese prawn, *Penaeus chinensis*. Aquaculture 127: 29-40.
- Xu, X.L.**, W.J. Ji, J.D. Castell, and R.K. O'Dor. 1994. Influence of dietary lipid source on fecundity, egg hatchability and fatty acid composition of Chinese prawn (*Penaeus chinensis*) broodstock. Aquaculture 119: 359-370.
- Zhou, S.**, R.G. Ackman, and C. Morrison. 1994. Depot fats in Atlantic salmon muscle - distribution of adipocytes and role in petroleum tainting. Aquaculture Canada '94. Annual meeting Aquacul. Assoc. Canada, Yarmouth, NS, 1-4 June 1994, Program and abstracts, p.16 (abstract).
- Zhou, S.**, R.G. Ackman, and C. Morrison. 1994. Histological studies on the adipocyte distribution in the muscle tissue of Atlantic salmon. Annual meeting of the Atlantic Section of the Microscopical Society of Canada. May 1994, Halifax (abstract).

## 1995

- Aiken, D.E.** (ed.). 1995. Catfish focus. World Aquaculture 26(3): 88.
- Aiken, D.E.** (ed.). 1995. Focus on shrimps and prawns. World Aquaculture 26(1): 64.
- Aiken, D.E.** (ed.). 1995. World Aquaculture 26(2): 64.
- Aiken, D.E.** (ed.). 1995. World Aquaculture 26(4): 88.
- Aiken, D.E.** 1995. Crustacean resources. In 1996 Canadian encyclopedia plus (on CD-ROM). McClelland & Stewart Inc.
- Aiken, D.E.** 1995. Research is an investment, not an expense. World Aquaculture 26(4): 2-3.
- Aiken, D.E.** 1995. The inside story: "new and improved." World Aquaculture 26(1): 3.
- Aiken, D.E.** and M. Sinclair. 1995. From

- capture to culture: exploring the limits of marine productivity. *World Aquaculture* 25(3): 21-34.
- Aiken, D.E.**, and S.L. Waddy. 1995. Aquaculture. p.153-175. In J.R. Factor (ed.) *Biology of the lobster, Homarus americanus*. Academic Press.
- Aiken, D.E.**, S.L. Waddy, and G.Y. Conan (ed.). 1995. ICES mar. Sci. Symp. 199: 467 p.
- Armstrong, R.** and S.L. Waddy (ed.). 1995. Annual Report of the Salmon Health Consortium. Bull. Aquacul. Assoc. Canada 95-1: 36 p.
- Bell, J.G.**, J.D. Castell, D.R. Tocher, F.M. MacDonald, and J.R. Sargent. 1995. Effects of different dietary arachidonic acid: docosahexaenoic acid ratios on phospholipid fatty acid compositions and prostaglandin production in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). *Fish Physiol. Biochem.* 14: 139-151.
- Bruno, D.W.**, R.O. Collins, and C.M. Morrison. 1995. The occurrence of *Loma salmoneae* (Protozoa: Microspora) in farmed rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* Walbaum, in Scotland. *Aquaculture* 133: 341-344.
- Castell, J.D.**, L.D. Boston, R.J. Miller, and T. Kenchington. 1995. The potential identification of the geographical origin of lobster eggs from various wild stocks based on fatty acid composition. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 1135-1140.
- Chang, B.D.**, R.L. Stephenson, D.J. Wildish, and W.M. Watson-Wright. 1995. Protecting regionally significant marine habitats in the Gulf of Maine: a Canadian perspective. p.121-146. In *Improving interactions between coastal science and policy*. Proceedings of the Gulf of Maine Symposium, Kennebunkport ME, 1-3 November 1994. National Academy Press, Washington DC.
- Cook, R.H.** and W. Watson-Wright. 1995. Marine fish culture initiatives in Atlantic Canada. *ICES CM 1995/F:17*: 10 p.
- Daly, J.G.**, A.R. Moore, and G. Olivier. 1995. A colorimetric assay for the quantification of Brook trout (*Salvelinus fontinalis*) lymphocytes mitogenesis. *Fish & Shellfish Immunol.* 5: 265-273.
- Duston, J.** and R.L. Saunders. 1995. Increased winter temperature did not affect completion of smolting in Atlantic salmon. *Aquaculture International* 3: 196-204.
- Goggin, C.L.**, S.E. McGladdery, S.K. Whyte, and R.J. Cawthorn. 1995. An assessment of lesions in bay scallops *Argopecten irradians* attributed to *Perkinsus karlssoni* (Protozoa, Apicomplexa). *Diseases of Aquatic Organisms* 24: 77-80.
- Harrison, K.** and S.L. Waddy (ed.). 1995. Proceedings of Aquatech '95. Bull. Aquacul. Assoc. Canada 95-2: 60 p.
- Kean-Howie, J.C.**, R.K. O'Dor, and D.J. Scarratt. 1995. Evolution of feeding strategies throughout the life histories of bivalve molluscs, with emphasis on ontogeny and phylogeny. *ICES mar. Sci. Symp.*, 199: 5-12.
- Lall, S.** and Olivier, G. 1995. Role of vitamins and b-glucans on immune response and disease resistance in Atlantic salmon. *Bull. Aquacul. Assoc. Canada* 95-2: 41-44.
- Lall, S. P.** 1995. Nutrient Balance: An important criteria for feed quality. *Europ. Aquac. Soc. Spec. Pub.* 23: 63-64.
- Mangor-Jensen, A.** and K.G. Waiwood. 1995. The effect of light exposure on buoyancy of halibut eggs. *J. Fish. Biol.* 47: 18-25.
- Martell, D.J.** and G. McClelland. 1995. Transmission of *Pseudoterranova decipiens* (Nematoda: Ascaridoidea) via benthic macrofauna to sympatric flatfishes (*Hippoglossoides platessoides*, *Pleuronectes ferrugineus*, *Pleuronectes americanus*) on Sable Island Bank, Canada. *Mar. Biol.* 122: 129-135.
- McClelland, G.** 1995. Experimental infection of fish with larval sealworm, *Pseudoterranova decipiens* (Nematoda, Anisakinae), transmitted by amphipods. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52(Suppl. 1): 140-155.
- McClelland, G.** and D.J. Martell. 1995. Spatial and temporal variations in levels of sealworm (*Pseudoterranova decipiens*) infection in marine mammals and fish in eastern Canada. *RAP Marine Mammals WP 95/7*.
- Millar, C.F.** and D.E. Aiken. 1995. Conflict management in aquaculture: a matter of trust. p.617-645. In A.D. Boghen (ed.) *Cold-water aquaculture in Atlantic Canada*, 2nd ed. Canadian Institute for Research on Regional Development, Moncton, NB.
- Morrison, C.M.** and C.A. MacDonald. 1995. Epidermal tumors on rainbow smelt and Atlantic salmon from Nova Scotia. *J. Aquatic Animal Health* 7: 241-250.
- Morrison, C.M.** and C.A. MacDonald. 1995. Normal and abnormal jaw development of the yolk-sac larva of Atlantic halibut *Hippoglossus hippoglossus*. *Dis. Aquat. Org.* 22: 173-184.
- Parrish, C.C.**, Z. Yang, J.S. Wells, J.D. Castell, J.S., and J.A. Brown. 1995. Egg fatty acid composition of captive halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) in relation to larval survival. In P. Lavens, E. Jaspers, I. Roelants (ed.) *Larvi '95 - Fish & Shellfish Larviculture Symposium*. *Europ. Aquac. Soc. Spec. Pub.* 24: 30-33.
- Parsons, G.J.**, S.M.C. Robinson, J.D. Martin, and R.A. Chandler. 1995. Effect of substrate type and quantity on giant sea scallop spat settlement. Proceedings of the 10th International Pectinid Workshop, Cork, Ireland, 27 April to 2 May 1995. (abstract)
- Peterson, R.H.** and D.J. Martin-Robichaud. 1995. First feeding and growth of elvers of the American eel (*Anguilla rostrata* (Lesueur)) at several temperature regimes. *Can. Tech. Fish. Aquat. Sci.* 2013: iii + 11 p.
- Peterson, R.H.** and D.J. Martin-Robichaud. 1995. Yolk utilization by Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) alevins in response to temperature and substrate. *Aquacult. Eng.* 14: 85-99.
- Robinson, S.M.C.** 1995. Scallop Production in Japan. Proceedings of a Scallop Workshop, 1 February 1995, Moncton, NB. New Brunswick Dept. Fisheries and Aquaculture. 1 p.
- Robinson, S.M.C.** 1995. World report: scallop production in Japan. *World Aquaculture* 26(1): 58-59.
- Robinson, S.M.C.**, G.J. Parsons, and J.D. Martin. 1995. Scallop Production in the Bay of Fundy. Proceedings of a Scallop Workshop, 1 February 1995, Moncton, NB. New Brunswick Dept. Fisheries and Aquaculture. 2 p.
- Robinson, S.M.C.**, R.A. Chandler, J.D. Martin, and G.J. Parsons. 1995. Observations on mortality rates in the sea scallop, *Placopecten magellanicus*, in the Bay of Fundy, Canada. Proceedings of the 10th International Pectinid Workshop, Cork, Ireland, 27 April to 2 May 1995. (abstract)
- Saunders, R.L.** 1995. Salmon aquaculture: present status and prospects for the future. p.35-81. In A.D. Boghen (ed.) *Cold-water aquaculture in Atlantic Canada*, 2nd ed. Canadian Institute for Research on Regional Development, Moncton, NB.

- Strong, M.B.**, E.A. Trippel, D.S. Clark, J.D. Neilson, and B.D. Chang. 1995. Potential impacts of use of acoustic deterrent devices (ADDs) on marine mammals in the Quoddy Region based on a study conducted in British Columbia. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/127: 15 p.
- Tocher, D.E.**, J.D. Castell, J.R. Dick, and J.R. Sargent. 1995. Effects of salinity on the fatty acid composition of total lipid and individual glycerophospholipid classes of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and turbot (*Scophthalmus maximus*) cells in culture. Fish Physiol. Biochem. 14: 125-137.
- Waddy, S.L.** (ed.). 1995. Invited presentations - Aquaculture Canada 95. Bull. Aquacul. Assoc. Canada 95-4: 44 p.
- Waddy, S.L.** and D.E. Aiken. 1995. Culture of the American lobster, *Homarus americanus*. p.145-188. In A.D. Boghen (ed.) Cold-water aquaculture in Atlantic Canada, 2nd ed. Canadian Institute for Research on Regional Development, Moncton, NB.
- Waddy, S.L.** and J. Constantine (ed.). 1995. Managing furunculosis in the '90s - Proceedings of the 2nd BCMAFF Workshop on Furunculosis, 14-15 February 1995. Bull. Aquacul. Assoc. Canada 95-3: 44 p.
- Waddy, S.L.**, and D.E. Aiken. 1995. Temperature regulation of reproduction in the American lobster. ICES mar. Sci. Symp. 199:54-60.
- Waddy, S.L.**, D.E. Aiken, and D.P.V. de Kleijn. 1995. Control of growth and reproduction. p.217-266. In J.R. Factor (ed.) Biology of the lobster, *Homarus americanus*. Academic Press.
- Zhou, S.**, R.G. Ackman, and C. Morrison. 1995. Storage of lipids in the myosepta of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Fish Physiol. Biochem. 14: 171-178.
- DIVISION DES POISSONS**
- DIADROMES**
- 1994**
- Korman, J.**, D.R. Marmorek, G.L. Lacroix, P.G. Amiro, J.A. Ritter, W.D. Watt, R.E. Cutting and D.C.E. Robinson. 1994. Development and evaluation of a biological model to assess regional-scale effects of acidification on Atlantic salmon (*Salmo salar*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 662-680.
- Cutting, R.E.**, T.L. Marshall, S.F. O'Neil and P.G. Amiro. 1994. Status of Atlantic salmon stocks of Scotia-Fundy Region 1993. DFO Atlantic Fish. Res. Doc. 94/22, 34 p.
- Marshall, T.L.**, and J.D. Cameron. 1994. Assessment of Atlantic salmon of the Saint John River above Mactaquac and of the Nashwaak River, N.B., 1993. DFO Atlantic Fish. Res. Doc. 94/19, 41p.
- Jessop, B.M.**, 1994. Relations between stock and environmental variables, and an index of abundance, for juvenile alewives and blueback herring. North American Journal of Fisheries Management 14: 564-579.
- Stone, H.H.**, and B.M. Jessop. 1994. Feeding habits of anadromous alewives, *Alosa pseudoharengus*, off the Atlantic coast of Nova Scotia. U.S. Fishery Bulletin 92: 157-170.
- Castonguay, M.**, P.V. Hodson, C. Moriarty, K.F. Drunkwater, and B.M. Jessop. 1994. Is there a role of ocean environment in American and European eel decline? Fisheries Oceanography 3:197-203.
- Jessop, B.M.**, 1994. Homing of alewives (*Alosa pseudoharengus*) and blueback herring (*A. aestivalis*) to and within the Saint John River, New Brunswick, as indicated by tagging data. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 2015. 22 p.
- Jessop, B.M.**, 1993. The status of alewife and blueback herring stocks in Scotia-Fundy Region as indicated by catch-effort statistics. DFO Atlantic Fisheries Research Document 93/9. 17 p.
- Jessop, B.M.**, 1993. The status of rainbow smelt stocks in Scotia-Fundy Region as indicated by catch and license statistics. DFO Atlantic Fisheries Research Document 93/69. 11 p.
- McLean, E.J.**, and D. Ashfield. 1994. Quality evaluation of hatchery-reared 1+ Atlantic salmon smolts. Internal Document 94-03, 108 p.
- McLean, E.J.**, and D. Ashfield. 1994. Quality evaluation of hatchery-reared 2+ Atlantic salmon smolts. Internal Document 94-04, 32 p.
- Penney, G.**, Age of the Atlantic salmon broodstock collected in the Scotia-Fundy Region during 1993. Internal Document 94-05, 76 p.
- 1995**
- Quality evaluation** of the 1+ smolts produced at the Atlantic and Fundy hatcheries during 1995/1996. Internal Report 96-02. 136 p.
- Quality evaluation** of the 2+ smolts produced at the Atlantic and Fundy hatcheries during 1995/1996. Internal Report 96-03. 29 p.
- O'Neil, S.F.** and C.J. Harvie. 1995. Estimates of Atlantic salmon stock status on the eastern shore of Nova Scotia, Salmon Fishing Area 20, in 1994. DFO Atlantic Fisheries Research Document 95/132. 36p.
- Amiro, P.G.** and David A. Longard. 1995. Status of Atlantic salmon in Salmon Fishing Area 22, for 1994, with emphasis on inner Bay of Fundy. Atlantic Fisheries Research Document 95/81
- Amiro, P.G.** and David A. Longard. 1995. Status of Atlantic salmon in Salmon Fishing Area 19, Eastern Cape Breton Island, 1994. Atlantic Fisheries Research Document 95/82
- Wirgin, I.**, B. Jessop, S. Courtenay, M. Pedersen, S. Maceda, and J. R. Waldman. 1995. Mixed stock analysis of striped bass in two rivers of the Bay of Fundy as revealed by mitochondrial DNA. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 52: 961-970.
- Jessop, B. M.**, 1995. Justification for, and status of, American eel elver fisheries in Scotia-Fundy Region. DFO Atlantic Fisheries Research Document 95/2. 10 p.
- Jessop, B. M.**, 1995. Update on striped bass stock status in Scotia-Fundy Region and proposals for stock management. DFO Atlantic Fisheries Research Document 95/8. 8 p.
- O'Neil, S.F.** and C.J. Harvie. 1995. Estimates of Atlantic Salmon Stock Status on the Eastern Shore of Nova Scotia, Salmon Fishing Area 20, in 1994. DFO Atlantic Fisheries Research Document 95/132.
- Shaw, M.A.**, I.J. Davies, E.A. Hamilton, A. Kemp, R. Reid, P.M. Ryan, N. Watson, W. White, and K.M. Murphy. 1995. The DFO National LRTAP Biomonitoring Program: Baseline Characterization 1987 - 1989. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. #2032. 63p.
- Watt, W.D.**, 1995. An interesting perturbation in water chemistry and change in the toxicity levels of Nova Scotia's acidified rivers. Weekly Science Briefing, Aug, 1995.
- Semple, J.R.**, P.J. Zamora and R.J. Rutherford. 1995. Effects of dredging on egg to fry emergence survival, timing and juvenile Atlantic salmon abundance,

- Debert River, Nova Scotia. Can. Tech. Rep. fish. Aquat. Sci. #2023. 34p.
- White, W.J.**, 1995. Assessing the effectiveness of habitat improvement technology. Weekly Science Briefing, Dec. 1995.
- Locke, A.**, 1996. Applications of the Menge-Sutherland model to acid-stressed lake communities. Ecological Applications, in press.
- Robichaud, K.A.**, S.C. Courtenay and A. Locke. 1996. Spawning and distribution of striped bass (*Morone saxatilis*) eggs and larvae in the Miramichi River estuary, Gulf of St. Lawrence. Canadian Journal of Zoology, in press.
- Locke, A.**, R. Claytor, C. LeBlanc and G. Chaput. 1995. Status of American eels, *Anguilla rostrata*, in the Gulf Region. DFO Atlantic Fisheries Research Document 95/79: 40 pp.
- Locke, A.**, R. Pickard, F. Mowbray, A. Madden and P. Cameron. 1995. Status of Atlantic salmon in Salmon Fishing Area 15, Gulf Region, New Brunswick, 1994. DFO Atlantic Fisheries Research Document 95/87: 44 pp.
- Locke, A.**, R. Pickard, F. Mowbray, G. Landry and A. Madden. 1995. Status of Atlantic salmon in the Restigouche River in 1994. DFO Atlantic Fisheries Research Document 95/122: 66 pp.
- Locke, A.**, F. Mowbray and R. Claytor. 1995. Status of Atlantic salmon in the Nepisiguit River, New Brunswick, in 1994. DFO Atlantic Fisheries Research Document 95/130: 52 pp.
- Locke, A.**, 1996. A bibliography of oceanography and aquatic biology of Chaleur Bay and tributaries. Canadian Data Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 983: 61 pp.
- Chaput, G.J.**, 1995. Temporal distribution, spatial distribution, and abundance of diadromous fish in the Miramichi River watershed, p. 121-139. In E.M.P. Chadwick [editor]. Water, science, and the public: the Miramichi ecosystem. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 123.
- Chaput, G.J.**, and K.A. Robichaud. 1995. Size and growth of striped bass, *Morone saxatilis*, from the Miramichi River, Gulf of St. Lawrence, Canada, p. 161-176. In E.M.P. Chadwick [editor]. Water, science, and the public: the Miramichi ecosystem. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 123.
- Moore, D.S.**, G.J. Chaput, and P.R. Pickard. 1995. The effect of fisheries on the biological characteristics and survival of mature Atlantic salmon (*Salmo salar*) from the Miramichi River, p. 229-247. In E.M.P. Chadwick [editor]. Water, science, and the public: the Miramichi ecosystem. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 123.
- Chaput, G.J.**, M. Biron, D. Moore, B. Dube, M. Hambrook, B. Hooper. 1995. Stock status of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the Miramichi River, 1994. DFO Atlantic Fisheries Research Document 95/131.
- Bradford, R.G.**, G. Chaput, and E. Tremblay. 1995. Status of striped bass (*Morone saxatilis*) in the Gulf of St. Lawrence. DFO Atlantic Fisheries Research Document 95/119.
- Anonymous.** 1995. 1995 Gulf Region Stock Status Report for Diadromous Stocks. Can. Manus. Rep. Fish. Aquat. Sci. No. 2286.
- Anon.** 1995. Report on the status of Atlantic salmon stocks in eastern Canada in 1994. DFO Atlantic Fisheries Stock Status Report 95/2.
- Marshall, T.L.**, 1995. Status of stocks of the Saint John River and southwest New Brunswick, 1994. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/129. iii + 49p.
- Cairns, D.K.**, 1995. Fisheries management on Prince Edward Island: Insular autonomy or Pax Ottawa? Pp. 95-133 in R. Arnason and L. Felt (eds.). The North Atlantic Fisheries: successes, failures, and challenges. Institute of Island Studies, Charlottetown.
- Cairns, D.K.**, Guillemot à miroir. 1995. Pp. 562-565 in J. Gauthier and Y. Aubry (eds). Atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional. Canadian Wildlife Service, Quebec.
- Cairns, D.K.**, 1995. Herring spawn volume at Fisherman's Bank, Prince Edward Island, in 1994. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/121. 10 pp.
- Cairns, D.K.**, K. Davidson, and R. Angus. 1995. Status of Atlantic salmon in the Morell, Mill, Dunk, West, and Valleyfield Rivers, Prince Edward Island, in 1994. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/100. 28 pp.
- Cairns, D.K.**, Effort, harvest, and expenditures of trout and salmon anglers on Prince Edward Island in 1994, from a mail-out survey. Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences (submitted).
- Claytor, R.**, Jones, P. LeBlanc, L. Forsyth, and G. Chaput. 1994. Assessment of the Atlantic salmon stock of the Margaree River, Nova Scotia. DFO Atlantic Fisheries Res.Doc.95/63.
- Davidson, K.**, M.Niles, P.Swan, and L.Forsyth. 1995. The Lake O'Law Project, Cape Breton, Nova Scotia:1989-1993. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences, No. 2053.
- Cunjak, R.A.**, 1995. Addressing forestry impacts in the Catamaran Brook basin: an overview of the pre-logging phase, 1990-1994. pp.191-210. In E.M.P. Chadwick (ed.) Water, science, and the public: the Miramichi ecosystem. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 123 : 191-210.
- Reebs, S.G.**, L. Boudreau, P. Hardie, and R.A. Cunjak. 1995. Diel activity patterns of lake chubs and other fishes in a temperate stream. Can. J. Zool. 73:1221-1227.
- Caissie, D.**, T. Pollock, and R.A. Cunjak. 1995. Variation in stream water chemistry and hydrograph separation in a small drainage basin. J. Hydrol. 178: 137-157.
- Heggenes, J.**, J.-L. Baglinière, and R.A. Cunjak. 1995. Spatial niche selection and competition in young Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*S. trutta*) in lotic environments. Bull. Pisc. (in press).
- Cunjak, R.A.**, 1996. Winter habitat of selected stream fishes and potential impact from land-use activities. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53 (Supplement 1): 000-000(in press).
- Bourgeois, G.**, R. Cunjak, D. Caissie, and N. El-Jabi. 1996. Spatial and temporal evaluation of PHABSIM in relation to the measured density of juvenile Atlantic salmon in a small stream. N. Amer. J. Fish. Manage. 16: 154-166.

## DIVISION DES PÊCHES DES INVERTÉBRÉS

1994

- Bird, C.J.**, M.A. Ragan, A.T. Critchley, E.L. Rice and R.R. Gutell. 1994. Molecular relationships among the *Gracilariaceae* (*Rhodophyta*): further observations on some undetermined species. European Journal of Phycology 29: 195-202.)
- Brownstein, J.** and J. Tremblay. 1994. Traditional property rights and cooperative management in the Canadian lobster fishery. The Lobster Newsletter 7(1):5.



- Kenchington, E.** and Roddick, D.L. 1994. Molecular evolution within the phylum Mollusca with emphasis on the class Bivalvia. In: Bourne, N.F., Bunting, B.L. and Townsend, L.D., eds. Proceedings of the 9th International Pectinid Workshop, Nanaimo, B.C., Canada, April 22-27, 1993. Volume 1. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences, pp. 206-213.
- Kenchington, E.** and W.E. Full. 1994. Fourier analysis of scallop shells (*Placopecten magellanicus*) in determining population structure. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 348-356.
- Kenchington, E.**, 1994. Spatial and temporal variation in adductor muscle RNA/DNA of the sea scallop (*Placopecten magellanicus*) in the Bay of Fundy, Canada. J. Shellfish Res. 13: 19-24.
- Kenchington, E.**, M.J. Lundy and V. Hazelton. 1994. Seasonal changes in somatic and reproductive tissue weights in wild populations of *Placopecten magellanicus* from the Bay of Fundy, Canada. In: Bourne, N.F., Bunting, B.L. and Townsend, L.D., eds. Proceedings of the 9th International Pectinid Workshop, Nanaimo, B.C., Canada, April 22-27, 1993. Volum 2. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences, pp. 154-162.
- Parsons, G. J.**, and S. L. Waddy. (ed.) 1994. Scallop culture. Bull. Aquacul. Assoc. Canada 94-3: 32 p.
- Patwary, M., E. Kenchington, C.J. Bird and E. Zouros. 1994. The use of random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers in genetic studies in the sea scallop *Placopecten magellanicus*. J. Shellfish Res. 13: 547-553.
- Patwary, M.**, M. Ball, C.J. Bird, B. Gjetvaj, S. Sperker, E. Kenchington and E. Zouros. 1994. Genetic markers in the sea scallop and their application to aquaculture. Bull. Aquacul. Assoc. Canada 94-2: 18-20.
- Ragan, M.A.**, C.J. Bird, E.L. Rice, R.R. Gutell, C.A. Murphy and R.K. Singh. 1994. A molecular phylogeny of the marine red algae (*Rhodophyta*) based on the nuclear small-subunit rRNA gene. Proceedings of the National Academy of Science USA 91: 7276-7280.
- Rice, E.**, D. Roddick, R. Singh and C. Bird. 1994. Analysis of the small-subunit rRNA gene sequences from six families of molluscs. J. Marine Biotech. 1(4): 215-217.
- Robert, G.**, G.A.P. Black, and M.A.E. Butler. 1994. Georges Bank scallop stock assessment - 1993. DFO Atlantic Fisheries Res. Doc. 94/97, 42 pp.
- Roddick, D.L.**, M.J. Lundy and E. Kenchington. 1994. Yield per recruit analysis and minimum meat weight recommendations for the Bay of Fundy scallop fishery. DFO Atlantic Fisheries Research Document 94/58, 15 pp.
- Tremblay, M.J.** 1994. Lobster biologists meet with Cape Breton lobster fishermen. Weekly Scientific Briefing May 6/94.
- Tremblay, M.J.**, J.W. Loder, F.E. Werner, C.E. Naimie, F.H. Page, and M.M. Sinclair. 1994. Drift of sea scallop larvae *Placopecten magellanicus* on Georges Bank: a model study of the roles of mean advection, larval behavior and larval origin. Deep Sea Res. II:7-49.
- Tremblay, M.J.**, M.D. Eagles and R.W. Elner. 1994. Catch, effort and population structure in the snow crab fishery off eastern Cape Breton, 1978-1993: a retrospective. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2021:47 p.
- Waddy, S. L.** (ed.) 1994. Proceedings — Invited presentation, Aquaculture Canada 94. Bull. Aquacul. Assoc. Canada 94-4: 28 p.
- 1995**
- Aiken, D. E.** (editor). 1995. Catfish focus. World Aquaculture 25(3): 88 p.
- Aiken, D. E.** (editor). 1995. Focus on shrimps and prawns. World Aquaculture 25(1): 80 p.
- Aiken, D. E.** (editor). 1995. World Aquaculture 25(2): 64 p.
- Aiken, D. E.** (editor). 1995. World Aquaculture 25(4): 88 p.
- Aiken, D. E.** and M. Sinclair. 1995. From capture to culture: exploring the limits of marine productivity. World Aquaculture 25(3): 21-34.
- Aiken, D. E.**, and S. L. Waddy. 1995. Aquaculture, p.153-175. In J.R. Factor (ed.) Biology of the lobster, *Homarus americanus*. Academic Press.
- Aiken, D. E.**, S. L. Waddy and G. Y. Conan (editors). 1995. ICES mar. Sci. Symp. 199: 467 p.
- Aiken, D.E.** 1995. Research is an investment, not an expense. World Aquaculture 26(4): 2-3.
- Aiken, D.E.** 1995. The inside story: "new and improved." World Aquaculture 26(1): 3.
- Armstrong, R.** and Waddy, S.L. (ed.). 1995. Annual Report of the Salmon Health Consortium. Bull. Aquacul. Assoc. Canada 95-1: 36 p.
- Black, G.**, and R.J. Miller. 1995. Narrated video animation - the effect of wind direction on nearshore summer temperatures.
- Castell, J.D.**, L.D. Boston, R.J. Miller, and T. Kenchington. 1995. The potential identification of the geographic origin of lobster eggs from various wild stocks based on fatty acid composition. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52: 1135-1140.
- Dibacco, C.**, G. Robert, and J. Grant. 1995. Reproductive cycle of the sea scallop, *Placopecten magellanicus* (Gmelin, 1791) on northeastern Georges Bank. J. Shellfish Res. 14(1): 59-69.
- Duggan, D.R.** and D.S. Pezzack. 1995. The midshore lobster fishery off southwestern Nova Scotia: Inception, development, and current status. DFO Atlantic Fisheries Res. Doc. 95/46 38p.
- Harrison, K.** and Waddy, S. (ed.) 1995. Proceedings of the Aquatech 95 conference. Bull. Aquacul. Assoc. Canada 95-2: 68 p.
- Jamieson, J.**, and R.J. Miller. 1995. Green sea urchin conservation harvesting plan, 1995-96. Unpublished DFO Report, 9p.
- Kenchington, E.** and M.J. Lundy. 1995. Scallop Abundance in the Bay of Fundy. Digby Scallop Days, Digby, N.S., August 1995.
- Kenchington, E.**, M.J. Lundy and D.L. Roddick. 1995. An overview of the scallop fishery in the Bay of Fundy 1986 to 1994 with a report on fishing activity trends amongst dual license holders in the Full Bay fleet. DFO Atlantic Fisheries Res. Doc 95/126, 40pp.
- Kenchington, E.** 1995. The use of RNA/DNA in Monitoring Scallops Stock Health. Digby Scallop Days, Digby, N.S., August 1995.
- Kenchington, E.** and M.J. Lundy. 1995. Fishing Logbooks: The Value of Logbooks in Scallop Management. Digby Scallop Days, Digby, N.S., August 1995.
- Kenchington, E.** and M.J. Lundy. 1995. The Annapolis Basin scallop fishery: A historical perspective and 1993 stock assessment. Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2230: 24p.

- Kenchington, E.**, D. Landry and C.J. Bird. 1995. Comparison of taxa of the mussel *Mytilus* (*Bivalvia*) by analysis of the nuclear small-subunit rRNA gene sequence. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 2613-2620.
- Kenchington, E.**, D.L. Roddick, and M.J. Lundy. 1995. Bay of Fundy Scallop Analytical Stock Assessment and Data Review 1981-1994: Digby Grounds. DFO Atlantic Fisheries Res. Doc. 95/10, 70pp.
- Kenchington, E.**, M.J. Lundy, and D.L. Roddick. 1995. 1991-1994 Bay of Fundy Stock Surveys and Fishery Statistics: Brier Island and Lurcher Shoal and an Evaluation of the Effectiveness of the Meat Count Regulation for These Stocks. DFO Atlantic Fisheries Res. Doc. 95/9, 24pp
- Koeller, P.A.**, M. King, M.B. Newell, A. Newell, and D. Roddick. 1995. An inshore shrimp trap fishery for eastern Nova Scotia? *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2064: 41p.
- Lawton, P.** 1995. Book Reviews: Spiny Lobster Management (B.F. Phillips, J.S. Cobb, and J. Kittaka, eds.). *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 5: 469-471.
- Lawton, P.** and K.L. Lavalli. 1995. Postlarval, Juvenile, Adolescent, and Adult Ecology, p.47-88. In J.R. Factor (ed.) *Biology of the Lobster, Homarus americanus*. Academic Press, San Diego, CA.
- Lawton, P.**, Robichaud, D.A. and M. Moisan. 1995. Characteristics of the Annapolis Basin, Nova Scotia, Lobster Fishery in Relation to Proposed Marine Aquaculture Development. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2035: iii + 26 p.
- Le Pennec, G.**, E. Kenchington, E. Zouros, M.U. Patwary, and P.G. Beninger. 1995. Mitochondrial DNA discrimination trials between different Canadian stocks of giant scallops, *Placopecten magellanicus* (Gmelin), from Newfoundland to the Gulf of Maine. Pectinid Workshop, Cork, Ireland.
- Lundy, M.J.** and Kenchington, E. 1995. The Scallop Life Cycle. Digby Scallop Days, Digby, N.S., August 1995.
- Miller, R.J.** 1995. Catchability coefficients for American lobster (*Homarus americanus*). *ICES Mar. Sci. Symp.* 199: 349-356.
- Miller, R.J.** 1995. Fishery regulations and methods, p. 89-109. In J.R. Factor ed., *Biology of the lobster Homarus americanus*. Academic Press.
- Miller, R.J.** 1995. Loss of sea urchins to disease in 1995. Weekly briefing.
- Miller, R.J.** 1995. Nova Scotia's sea urchin fishery. DFO, S-F Backgrounder, 3p.
- Miller, R.J.** 1995. Weekly Scientific Briefing, The Canadian lobster fishery in the year 2020.
- Miller, R.J.**, and J.T. Addison. 1995. Trapping interactions of crabs and American lobster in laboratory tanks. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52:315-324
- Miller, C.D.**, and D.E. Aiken. 1995. Conflict management in aquaculture: a matter of trust, p.617-645. In A.D. Boghen (ed.) *Coldwater Aquaculture in Atlantic Canada*, 2nd ed. Canadian Institute for Research on Regional Development, Moncton.
- Nolan, S.C.** 1995. Review of methods for collecting and tabulating lobster landings in the Scotia-Fundy Region: 1989-1994. Internal DFO report, 28 p.
- Oliveira, M.C.**, J. Kurniawan, C.J. Bird, E.L. Rice, C.A. Murphy, R.K. Singh, R.R. Gutell and M.A. Ragan. 1995. A preliminary investigation of the order *Bangiiales* (*Bangiophycidae*, *Rhodophyta*) based on sequences of nuclear small-subunit ribosomal RNA genes. *Phycological Research* 43: 71-79.
- Paon, L.** and E. Kenchington. 1995. Changes in somatic and reproductive tissues during artificial conditioning of the sea scallop, *Placopecten magellanicus* (Gmelin, 1791). *Journal of Shellfish Research* 14: 53-58.
- Parsons, G.J.**, S.M.C. Robinson, J.D. Martin and R.A. Chandler. 1995. Effect of substrate type and quantity on giant sea scallop spat settlement. Proceedings of the 10th International Pectinid Workshop, Cork, Ireland. April 27 to May 2, 1995. (Abstract)
- Pezzack, D.S.** and D.R. Duggan. 1995. Offshore lobster (*Homarus americanus*) trap caught size frequencies and population size structure. *ICES mar. Sci. Symp.* 199: 129-138.
- Pezzack, D.S.** and D.R. Duggan. 1995. The 1995 review of the Canadian offshore lobster fishery - LFA 41. DFO Atlantic Fisheries Res. Doc. 95/91 35p.
- Pezzack, D.S.** and J.-J. Macquire. 1995. Preliminary examination of egg per recruit estimates in the Canadian lobster fishery. DFO Atlantic Fisheries Res. Doc. 95/92 23p.
- Robichaud, D.A.** and A. Campbell. 1995. Movement, reproduction and growth of ovigerous lobsters (*Homarus americanus*) from Newfoundland released off Grand Manan, Bay of Fundy. *J. Shellfish. Res.* 14 (1): 199-204.
- Robinson, S.M.C.** 1995. Scallop Production in Japan. Proceedings of a Scallop Workshop, February 1, 1995, Moncton, NB. New Brunswick Dept. Fisheries and Aquaculture. 1 p.
- Robinson, S.M.C.** 1995. World report: scallop production in Japan. *World Aquaculture* 26(1): 58-59.
- Robinson, S.M.C.**, G.J. Parsons and J.D. Martin. 1995. Scallop Production in the Bay of Fundy. Proceedings of a Scallop Workshop, February 1, 1995, Moncton, NB. New Brunswick Dept. Fisheries and Aquaculture. 2p.
- Robinson, S.M.C.**, R.A. Chandler, J.D. Martin and G.J. Parsons. 1995. Observations on mortality rates in the sea scallop, *Placopecten magellanicus*, in the Bay of Fundy, Canada. Proceedings of the 10th International Pectinid Workshop, Cork, Ireland. April 27 to May 2, 1995. (Abstract)
- Roddick, D.L.** 1995. Status of the Scotian Shelf Shrimp (*Pandalus borealis*) Fishery 1994. DFO Atlantic Fisheries Res. Doc 95/22, 24pp.
- Saunders, G.W.**, C.J. Bird, M.A. Ragan and E.L. Rice. 1995. Phylogenetic relationships of species of uncertain taxonomic position within the Acrochaetales-Palmariales complex (*Rhodophyta*): inferences from phenotypic and 18S rDNA sequence data. *Journal of Phycology* 31:601-611.
- Tremblay, M.J.** 1995. An exploratory fishery for toad crab off eastern Cape Breton? S-F Backgrounder, 4 p.
- Tremblay, M.J.** and M.D. Eagles. 1995. Assessment of the 1994 snow crab fishery off eastern Cape Breton (Areas 20-24). DFO Atlantic Fisheries Res. Doc. 95/1
- Waddy, S. L.** (ed.). 1995. Proceedings of the annual meeting of the Aquaculture Association of Canada (Part A). *Bull. Aquacul. Assoc. Canada* 95-4: 40 p.
- Waddy, S. L.** and J. Constantine (ed.). 1995. Proceedings of the 2nd BCMAFF Furunculosis Workshop. *Bull. Aquacul. Assoc. Canada* 95-3: 48 p.
- Waddy, S. L.**, and D. E. Aiken. 1995. Lobster culture, p.143-188. In A.D.

Boghen (ed.) Coldwater Aquaculture in Atlantic Canada, 2nd edition. Canadian Institute for Research on Regional Development, Moncton.

**Waddy, S. L.**, and D. E. Aiken. 1995. Temperature regulation of reproduction in the American lobster. ICES mar. Sci. Symp. 199:54-60.)

**Waddy, S. L.**, D. E. Aiken and D. P. V. de Kleijn. 1995. Control of growth and reproduction, p.217-266. In J.R. Factor (ed.) Biology of the Lobster, *Homarus americanus*. Academic Press.

## DIVISION DES SCIENCES DU MILIEU MARIN

### A. BUREAU DU CHEF DE DIVISION 1994 et 1995

**Cobb, J.S.**, and J.D. Pringle [ed.]. 1994. The lobster newsletter. Vol. 7(1).

**Cobb, J.S.**, and J.D. Pringle [ed.]. 1994. The lobster newsletter. Vol. 7(2).

**Cobb, J.S.**, and J.D. Pringle [ed.]. 1995. The lobster newsletter. Vol. 8(1).

**Cobb, J.S.**, and J.D. Pringle [ed.]. 1995. The lobster newsletter. Vol. 8(2).

**Morgan, S.P.** 1995. Science Administrative Support Group formed. Sonar 1(1).

### B. SECTION DE L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE 1994

**Bewers, J.M.**, and J.H. Vandermeulen. 1994. Coastal zone management issues and integration: The implications for science, p. 3-17. In P.G. Wells and P.J. Ricketts [ed.]. Coastal Zone Canada '94, "Cooperation in the Coastal Zone": Conference Proceedings. Volume 1. Coastal Zone Canada Association, Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, Nova Scotia, Canada.

**Nicholls, H.B.**, and G.H. Seibert. 1994. Technology transfer from marine research, p.18-22. In A. Fiander [ed.]. Science Review 1992&'93. Department of Fish and Oceans, Dartmouth, Nova Scotia.

**Loth, W.D.**, G.H.B. Nicholls, and C.Guedes Soares. 1994. Engineering Committee on Oceanic Resources (ECOR) Marine Pollution Workshop. Underwater Technology 20:41-43.

### 1995

**Bewers, J.M.**, and P. Strand. 1995. Radioactivity assessment in the Arctic Monitoring and Assessment Programme, p. 23-26. In P. Strand and A. Cooke [ed.]. Environmental Radioactivity in the Arctic. Norwegian Radiation Protection Authority, Osteras, Norway.

**Bewers, J.M.**, and R. Macdonald. 1995. Global Ocean Observing System: Health of the oceans pilot study design for the Arctic marine environment. Health of the Oceans Panel of GOOS: submitted.

**Hildebrand, L.P.**, and H.B. Nicholls. 1995. Cooperation in the coastal zone: Coastal Zone Canada '94 international conference, p.417-418. In B.L.Edge [ed.] Coastal Zone '95. Extended Abstracts for the Ninth Conference on Coastal and Ocean Management. American Soc. Civ. Engineers, N.Y. (Abstract).

**Intergovernmental Oceanographic Commission.** 1995. Protection of the marine environment from land-based activities: Assessment of conditions and impacts. In Proceedings of the ACOPS Conference on the Protection of the Marine Environment from Land-Based Sources, Rio de Janeiro, June 1995. (Paper written by J.M. Bewers)

**Nicholls, H.B.** 1995. Coastal change at Coastal Zone Canada '94. In Proc. Int. Conf. "Coastal Change '95", Borden - Intergovernmental Oceanographic Commission, Bordeaux, France, 2: 932-942.

### C. SECTION DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT 1994

**Geyer, H.J.**, I. Scheunert, R. Brueggemann, M. Matthies, C.E.W. Steinberg, V. Zitko, A. Ketrup, and W. Garrison. 1994. The relevance of aquatic organisms' lipid content to the toxicity of lipophilic chemicals: Toxicity of lindane to different fish species. Ecotoxicol. Environ. Saf. 28: 53-70.

**Haya, K.**, Y. Oshima, and W.W. Young-Lai. 1994. Profile of paralytic shellfish toxins in lobster during uptake and depuration, p. 17. In R. Forbes [ed.]. Proceedings of the Fourth Canadian Workshop on Harmful Marine Algae. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2016. (Abstract)

**Korman, J.**, D.R. Marmorek, G.L. Lacroix, P.G. Amiro, J.A. Ritter, W.D. Watt, R.E. Cutting, and D.C.E. Robinson. 1994. Development and evaluation of a

biological model to assess regional-scale effects of acidification on Atlantic salmon (*Salmo salar*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 662-680.

**Lacroix, G.L.** 1994. Ecological impacts and potential recovery in acidified Atlantic salmon rivers, p. 175-178. In C.A. Staicer, M.J. Duggan, and J.J. Kerekes [ed.]. Proceedings of the Workshop on the Kejimikujik Watershed Studies: Monitoring and Research Five Years after "Kejimikujik '88." Environment Canada, Atlantic Region, Occas. Rep. 3.

**Lacroix, G.L.** 1994. Atlantic salmon stocks and environmental conditions in rivers of southern New Brunswick, p. 61-65. In B.M. MacKinnon and M.D.B. Burt [ed.]. Ecological Monitoring and Research in the Coastal Environment of the Atlantic Maritime Ecozone. Environment Canada, Atlantic Region, Occas. Rep. 4.

**Martin, J.L.** 1994. Environmental monitoring and harmful algae in the southwestern Bay of Fundy. In Ecological Monitoring and Research in the Coastal Environment of the Atlantic Maritime Ecozone - Workshop Proceedings, Huntsman Marine Laboratory, March 9-11, 1994.

**Martin, J.L.** 1994. Fourth Canadian Workshop on Harmful Marine Algae held at the Institute of Ocean Sciences. Weekly Scientific Briefing 13(21).

**Martin, J.L.**, and D.J. Wildish. 1994. Temporal and spatial dynamics of *Alexandrium* cysts during 1981-84 and 1992 in the Bay of Fundy. In R. Forbes [ed.]. Proceedings of the Fourth Canadian Workshop on Harmful Marine Algae. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2016.

**Wildish, D.J.** 1994. Temporal and spatial dynamics of *Alexandrium fundyense* cysts during 1981-84 and 1992 in the Bay of Fundy. In J.R. Forbes [ed.]. Proceedings of the Fourth Canadian Workshop on Harmful Marine Algae. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2016.

**Wildish, D.J.**, and J.L. Martin. 1994. Determining the potential harm of marine phytoplankton to finfish aquaculture resources in the Bay of Fundy. Fisker Havet 13: 115-126.

**Wildish, D.J.**, and M.J. Rudi. 1994. The rising cost of publishing in aquatic science journals. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2243: 19 p.

**Wildish, D.J.**, and P.M. Strain. 1994. Science and coastal zone management, p.

- 2139-2148. *In* P.G. Wells and P.J. Ricketts [ed.]. Coastal Zone Canada '94, "Cooperation in the Coastal Zone": Conference Proceedings. Volume 5. Coastal Zone Canada Association, Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, Nova Scotia, Canada.
- Zitko, V.** 1994. Principal component analysis in the evaluation of environmental data. *Mar. Pollut. Bull.* 28: 718-722.
- Zitko, V.** 1994. TLC detection of brominated flame retardants in styrofoam. *Chemosphere* 28(6): 1211-1215.
- Zitko, V.** 1994. Chemicals in aquaculture (an overview), p. 97-106. *In* A. Ervik, P. Kupka Hansen, and V. Wennevik. Proceedings of the Canada-Norway Workshop on Environmental Impacts of Aquaculture, Havforskninginstituttet Bergen.
- Zitko, V.**, and G. Lindsay. 1995. Classification of polynuclear aromatic hydrocarbons profiles in sediments. *Toxicol. Model.* 1: 35-41.
- 1995**
- Burridge, L.E.**, and K. Haya. 1995. A review of di-n-butylphthalate in the aquatic environment: concerns regarding its use in salmonid aquaculture. *J. World Aquacult. Soc.* 26: 1-13.
- Burridge, L.E.**, and K. Haya. 1995. The lethality of pyrethrins to the larvae of the American lobster (*Homarus americanus*). *In* Proceedings of the 22nd Annual Aquatic Toxicity Workshop, St. Andrews, N.B., Oct. 1-4, 1995. (Abstract)
- Chang, B.D.**, R.L. Stephenson, D.J. Wildish, and W.M. Watson-Wright. 1995. Protecting regionally significant marine habitats in the Gulf of Maine: A Canadian perspective, p. 121-146. *In* Improving Interactions Between Coastal Science and Policy. Proceedings of the Gulf of Maine Symposium, Nat. Acad. Press, Washington, D.C.
- Hogans, W.E.**, L.E. Burridge, and K. Haya. 1995. Laboratory and field trials to determine the effect of pyrethrins on non-target invertebrates during treatment of Atlantic salmon against sea lice. *In* Proceedings of the 22nd Annual Aquatic Toxicity Workshop, St. Andrews, N.B., Oct. 1-4, 1995. (Abstract)
- Lacroix, G.L.**, D.J. Hood, and J.A. Smith. 1995. Stability of microhabitat use by brook trout and juvenile Atlantic salmon after stream acidification. *Trans. Am. Fish. Soc.* 124: 588-598.
- Lacroix, G.L.** 1995. Mitigation of low pH in salmonid streams, p. 59-63. *In* J.R.M. Kelso and J.H. Hartig [ed.]. Methods of Modifying Habitat to Benefit the Great Lakes Ecosystem. *Can. Inst. Sci. Tech. Inf., Occas. Pap.* 1.
- Lacroix, G.L.** 1995. Effects of SO<sub>2</sub> control program and reduced emissions on Atlantic salmon rivers of Nova Scotia, p. 47-48. *In* B.L. Beattie [ed.]. Report of the Atlantic Region LRTAP Monitoring and Effects Working Group for 1994. *Environ. Can., Atlantic Region.*
- Lacroix, G.L.** 1995. Mechanisms and extent of recovery of salmonids in streams after acidity changes from acute to sublethal levels, p. 49-50. *In* B.L. Beattie [ed.]. Report of the Atlantic Region LRTAP Monitoring and Effects Working Group for 1994. Environment Canada, Atlantic Region.
- Lacroix, G.L.** 1995. Physiological responses of Atlantic salmon at sublethal acid levels and influence on resistance and recovery of populations, p. 51-52. *In* B.L. Beattie [ed.]. Report of the Atlantic Region LRTAP Monitoring and Effects Working Group for 1994. *Environ. Can., Atlantic Region.*
- Lassus, P.**, D.J. Wildish, M. Bardouil, J.L. Martin, and M. Bohec. 1995. Ecophysiological study of either toxic or nontoxic microalgal diets on the oyster *Crassostrea gigas*. *In* the rapport de la seminaire franco-canadien sur les maladies et probloem environnementaux lies a l'aquaculture des mollusques, le 12 et 13 septembre, Arcachon, France.
- Martin, J.L.** 1995. Domoic acid in the Bay of Fundy. *Weekly Scientific Briefing.*
- Martin, J.L.**, D.J. Wildish, M.M. LeGresley, and M.M. Ringuette. 1995. Phytoplankton monitoring in the southwestern Bay of Fundy during 1990-92. *Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2277: 155 p.
- Strain, P.M.**, D.J. Wildish, and P.A. Yeats. 1995. The application of simple models of nutrient loading and oxygen demand to the management of a marine tidal inlet. *Mar. Pollut. Bull.* 30: 253-261.
- Waiwood B.A.**, K. Haya, and J.L. Martin. 1995. Depuration of shellfish toxins by giant scallops from the Bay of Fundy, Canada, p. 525-530. *In* P. Lassus, G. Arzul, E. Erard-Le Denn, P. Gentien, and C. Marcaillou-Le Baut [ed.]. Harmful Algal Blooms. Lavoisier, Paris.
- Waiwood, B.A.**, K. Haya, and J.L. Martin. 1995. Depuration of paralytic shellfish toxins by giant scallops from the Bay of Fundy, Canada, p. 525-530. *In* P. Lassus, G. Arzul, E. Erard-Le Denn, P. Gentien, and C. Marcaillou-Le Baut [ed.]. Proceedings of the Sixth International Conference on Toxic Marine Phytoplankton. Lavoisier, Paris.
- Wildish, D.J.**, P. Lassus, J.L. Martin, and M. Bardouil. 1995. Effect of toxic and non-toxic strains of *Alexandrium* on the initial feeding response of *Crassostrea gigas*. Presentation to seminaire franco-canadien sur les maladies et problemes environnementaux lies a l'aquaculture les mollusques, Arcachon, France, September 1995.
- Wildish, D.J.**, P. Lassus, J.L. Martin, and M. Bardouil. 1995. Effect of toxic and non-toxic strains of *Alexandrium* on the initial feeding responses of *Crassostrea gigas*. *In* Rapport of the Seminaire franco-canadien sur les maladies et problemes environnementaux lies a l'aquaculture des mollusques, 12 et 13 septembre, Arcachon, France.
- Zitko, V.** 1995. Fifty years of research on the Miramichi River, p. 29-41. *In* E.M.P. Chadwick [ed.]. Water, Science, and the Public: The Miramichi Ecosystem. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 123. 300 p.

## D. SECTION DE L'ÉCOLOGIE DE L'HABITAT

1994

- Brylinsky, M.**, J. Gibson, and D.C. Gordon, Jr. 1994. Impacts of flounder trawls on the intertidal habitat and community of the Minas Basin, Bay of Fundy. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51: 650-661.
- Conover, R.J.**, S. Wilson, G.C.H. Harding, and W.P. Vass. 1994. Climate, copepods and cod: Some thoughts on the long-range prospects for a sustainable northern cod fishery, p. 1732. *In* P.G. Wells and P.J. Ricketts [ed.]. Coastal Zone Canada '94, "Cooperation in the Coastal Zone": Conference Proceedings. Volume 4. Coastal Zone Canada Association, Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, Nova Scotia, Canada. (Abstract)
- Courtenay, S.**, P.J. Williams, C. Grunwald, B. Konkle, T.-L. Ong, and I.I. Wirgin.

1994. Assessment of within-group variation in CYP1A mRNA inducibility in environmentally exposed and chemically treated Atlantic tomcod. *Environ. Health Perspect.* 102, Suppl. 12: 85-90.
- Courtenay, S.C.**, R. Claytor, G. Chaput, D.S. Moore, and D.M. Robertson. 1994. Salmon catch and effort in the Miramichi River First Nations gillnet fishery in 1992. *Can. Ind. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 222: 19 p.
- Cranford, P.J.** 1994. Physiological compensation responses of sea scallops (*Placopecten magellanicus*) to fluctuations in the food supply and the presence of suspended inorganic matter, p. 190-199. *In* N.F. Bourne, B.L. Bunting, and L.D. Townsend [ed.]. *Proceedings of the 9th International Pectinid Workshop*, Nanaimo, B.C., April 22-27, 1993. Volume 2. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1994.
- Cranford, P.J.**, and B.T. Hargrave. 1994. *In situ* time-series measurement of ingestion and absorption rates of suspension-feeding bivalves: *Placopecten magellanicus*. *Limnol. Oceanogr.* 39: 730-738.
- Douglas, D.J.**, S.S. Bates, C. Léger, N. Ross, and J.L.C. Wright. 1994. Influence of bacteria and bacterial extracts on domoic acid production by *Pseudonitzschia pungens* f. *multiseriis*, p. 10. *In* J.R. Forbes [ed.]. *Proceedings of the Fourth Canadian Workshop on Harmful Marine Algae*. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2016: 92 p.
- Gordon, D.C., Jr.** 1994. Location, extent and importance of marine habitats in the Gulf of Maine, p. 15-24. *In* D. Stevenson and E. Braasch [ed.]. *Gulf of Maine Habitat Workshop Proceedings*. RARGOM Rep. 94-2.
- Gordon, D.C., Jr.** 1994. Intertidal ecology and potential tidal power impacts, Bay of Fundy, Canada. *Biol. J. Linn. Soc.* 51: 17-23.
- Gordon, D.C., Jr.**, and P.J. Cranford. 1994. Export of organic matter from macrotidal salt marshes in the upper Bay of Fundy, Canada, p. 257-264. *In* W.J. Mitsch [ed.]. *Global Wetlands: Old World and New*. Elsevier.
- Gowen, R.J.**, D. Smyth, and W. Silvert. 1994. Modelling the spatial distribution and loading of organic fish farm waste to the seabed, p. 19-30. *In* B.T. Hargrave [ed.]. *Modelling Benthic Impacts of Organic Enrichment from Marine Aquaculture*. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1949: xi + 125 p.
- Hagen, N.T.**, and K.H. Mann. 1994. Experimental analysis of factors influencing the aggregating behaviour of the green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* (Müller). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 176: 107-126.
- Harding, G.C.** [ed.] 1994. Evaluation of Gulfwatch 1992. Second year of the Gulf of Maine Environmental Monitoring Plan. Gulf of Maine Council on the Marine Environment. June 1994. 141 p.
- Harding, G.C.**, R. LeBlanc, W.P. Vass, B.T. Hargrave, R.F. Addison, S. Pearre, and A. Dupuis. 1994. Organochlorine levels in the marine food web of the southern Gulf of St. Lawrence, p. 2360. *In* P.G. Wells and P.J. Ricketts [ed.]. *Coastal Zone Canada '94, "Cooperation in the Coastal Zone"*: Conference Proceedings. Volume 5. Coastal Zone Canada Association, Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, Nova Scotia, Canada. (Abstract)
- Hargrave, B.T.** 1994. Past and future studies with sediment traps in Canadian east coast waters. *In* P. Wassmann and S. Floderus [ed.]. *Sediment Trap Studies in Nordic Countries*, 3. NurmiPrint Oy, Finland.
- Hargrave, B.T.** 1994. A benthic enrichment index, p. 79-91. *In* B.T. Hargrave [ed.]. *Modelling Benthic Impacts of Organic Enrichment from Marine Aquaculture*. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1949: xi + 125 p.
- Hargrave, B.T.** [ed.] 1994. Modelling benthic impacts of organic enrichment from marine aquaculture. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1949: xi + 125 p.
- Hargrave, B.T.**, N.J. Prouse, G.A. Phillips, and P.J. Cranford. 1994. Meal size and sustenance time in the deep-sea amphipod *Eurythenes gryllus* collected from the Arctic Ocean. *Deep-Sea Res.* 41: 1489-1508.
- Hargrave, B.T.**, G. Siddall, G. Steeves, and G. Awalt. 1994. A current-activated sediment trap. *Limnol. Oceanogr.* 39: 383-390.
- Hargrave, B.T.**, B. von Bodungen, P. Stoffyn-Egli, and P.J. Mudie. 1994. Seasonal variability in particle sedimentation under permanent ice cover in the Arctic Ocean. *J. Cont. Shelf Res.* 14: 279-293.
- Head, E.**, B.T. Hargrave, and D.V. Subba Rao. 1994. Accumulation of a phaeophorbide a-like pigment in sediment traps during the late stages of a spring bloom: A production of dying algae? *Limnol. Oceanogr.* 39(1): 176-181.
- Keizer, P.D.** 1994. An integrated approach to aquaculture site selection and management, p. 53-60. *In* A. Ervik, P. Kupka Hansen, and V. Wennevik [ed.]. *Proceedings of the Canada-Norway Workshop on Environmental Impacts of Aquaculture*. *Fisken og Havet NR 13.* 135 p.
- Lafamme, M.Y.**, and S.S. Bates. 1994. Growth and domoic acid production by *Pseudonitzschia pungens* f. *multiseriis* in chemostat culture, p. 20. *In* J.R. Forbes [ed.]. *Proceedings of the Fourth Canadian Workshop on Harmful Marine Algae*. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2016. 92 p.
- Lakshmana Rao, M.V.**, K. Mahapatra, and D.V. Subba Rao. 1994. The coastal zone of Orissa, Bay of Bengal: Threats and prospects for sustainable development, p. 304-319. *In* P.G. Wells and P.J. Ricketts [ed.]. *Coastal Zone Canada '94, "Cooperation in the Coastal Zone"*: Conference Proceedings. Volume 1. Coastal Zone Canada Association, Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, Nova Scotia, Canada.
- Mann, K.H.** 1994. Book review: *Large marine ecosystems: Stress, mitigation and sustainability*, edited by K. Sherman, L.M. Alexander and B.D. Gold. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 178: 288-90.
- Mann, K.H.** 1994. Book review: *Saltmarsh ecology*, by P. Adam. *Limnol. Oceanogr.* 39(2): 475-476.
- Mann, K.H.** 1994. Reflections on a career in science. *Am. Soc. Limnol. Oceanogr. Bull.* 3: 12-13.
- Mann, K.H.**, and K.F. Drinkwater. 1994. Environmental influences on fish and shellfish production in the Northwest Atlantic. *Environ. Rev.* 2: 16-32.
- Milligan, T.G.** 1994. Suspended and bottom sediment grain size distributions in Letang Inlet, N.B., October 1990. *Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* 156: iv + 51 p.
- Phillips, G.A.** 1994. North of 70: First time Arctic adventure. *Scotia-Fundy Network* 3: 1.
- Rowell, T.W.**, M. Chin-Yee, G. Steeves,

- W.P. Vass, D.P. Reimer, and R. Vine. 1994. Development and operational characteristics of a video augmented benthic grab and epibenthic sled. Report presented to the Int. Counc. Explor. Sea Working Group on the Ecosystem Effects of Fishing Activities (Copenhagen, Denmark, April 20-27, 1994) and the Benthos Ecology Working Group (Yerseke, The Netherlands, May 10-13, 1994). 12 p.
- Rowell, T.W.,** P. Schwinghamer, K. Gilkinson, D.C. Gordon, Jr., E. Hartgers, M. Hawryluk, D.L. McKeown, J. Prena, W.P. Vass, and P. Woo. 1994. Investigating the impact of otter trawling on benthic communities of the Grand Bank. Report presented to the Int. Counc. Explor. Sea Working Group on the Ecosystem Effects of Fishing Activities (Copenhagen, Denmark, April 20-27, 1994) and the Benthos Ecology Working Group (Yerseke, The Netherlands, May 10-13, 1994). 26 p.
- Siddall, G.,** B.T. Hargrave, and G. Steeves. 1994. Programmable sediment trap: Current meter instrumented, computer controlled multi-sample "smartrap" collects particulates as function of environmental conditions. *Sea Technol.* 35: 39-43.
- Silvert, W.** 1994. Modelling benthic deposition and impacts of organic matter loading, p. 1-18. *In* B.T. Hargrave [ed.]. *Modelling Benthic Impacts of Organic Enrichment from Marine Aquaculture.* Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1949: xi + 125 p.
- Silvert, W.** 1994. Modelling environmental aspects of mariculture: Problems of scale and communication, p. 61-68. *In* A. Ervik, P. Kupka Hansen, and V. Wennevik [ed.]. *Proceedings of the Canada-Norway Workshop on Environmental Impacts of Aquaculture.* Fisker Havet NR 13. 135 p.
- Silvert, W.** 1994. Bloom dynamics in marine food chain models with migration. ICES 1994 Theme Session on Pelagic Fish and Plankton Interactions in Marine Ecosystems. *Proceedings of the International Council of the Exploration of the Sea Annual Science Conference, C.M.1994/R:2(Sess. R).* 16 p.
- Silvert, W.** 1994. A decision support system for regulating finfish aquaculture. *Ecol. Model.* 75/76: 609-615.
- Silvert, W.** 1994. Decision support systems for aquaculture licensing. *J. Appl. Ichthyol.* 10: 307-311.
- Silvert, W.** 1994. Putting management models on the manager's desktop. *J. Biol. Sys.* 2(4): 519-527.
- Silvert, W.** 1994. Simulation models of finfish farms. *J. Appl. Ichthyol.* 10: 349-352.
- Silvert, W.** 1994. Decision Support Systems for coastal zone management, p. 795. *In* P.G. Wells and P.J. Ricketts [ed.]. *Coastal Zone Canada '94, "Cooperation in the Coastal Zone": Conference Proceedings. Volume 2.* Coastal Zone Canada Association, Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, Nova Scotia, Canada. (Abstract)
- Sowles, J.W.,** L. Churchill, and W. Silvert. 1994. The effect of benthic carbon loading on the degradation of bottom conditions under farm sites, p. 31-46. *In* B.T. Hargrave [ed.]. *Modelling Benthic Impacts of Organic Enrichment from Marine Aquaculture.* Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1949: xi + 125 p.
- Stewart, J.E.** 1994. Aquaculture in Atlantic Canada and the research requirements related to environmental interactions with finfish culture, p. 1-18. *In* A. Ervik, P. Kupka Hansen, and V. Wennevik [ed.]. *Proceedings of the Canada-Norway Workshop on Environmental Impacts of Aquaculture.* Fisker Havet NR 13. 135 p.
- Stewart, P.L.** 1994. Environmental requirements of the blue mussel (*Mytilus edulis*) in eastern Canada and its response to human impacts. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2004: x + 41 p. / Stewart, P.L. 1994. Besoins environnementaux et réactions aux activités humaines de la moule bleue (*Mytilus edulis*) dans l'est du Canada. *Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat.* 2004: x + 44 p.
- Stewart, P.L.,** and S.H. Arnold. 1994. Environmental requirements of the Atlantic herring (*Clupea harengus harengus*) in eastern Canada and its response to human impacts. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2003: ix + 37 p. / Stewart, P.L., et S.H. Arnold. 1994. Besoins environnementaux et réactions aux activités humaines du hareng atlantique (*Clupea harengus harengus*) dans l'est du Canada. *Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat.* 2003: ix + 40 p.
- Stewart, P.L.,** and S.H. Arnold. 1994. **Subba Rao, D.V.** 1994. Potential for harmful marine algal blooms along Atlantic Coast of Nova Scotia: An appraisal, p. 1426-1445. *In* P.G. Wells and P.J. Ricketts [ed.]. *Coastal Zone Canada '94, "Cooperation in the Coastal Zone": Conference Proceedings. Volume 4.* Coastal Zone Canada Association, Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, Nova Scotia, Canada.
- Subba Rao, D.V.,** W.G. Sprules, A. Locke, and J.T. Carlton. 1994. Exotic phytoplankton species from ship's ballast waters: Risk of potential spread to mariculture sites on Canada's East Coast. *Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci.* 937: iv + 51 p.
- Tang, Y.,** J.A. Nelson, S.P. Reidy, S.R. Kerr, and R.G. Boutilier. 1994. A reappraisal of activity metabolism in Atlantic cod (*Gadus morhua*). *J. Fish. Biol.* 44: 1-10.
- Wirgin, I.I.,** C. Grunwald, S. Courtenay, G.-L. Kreamer, W.L. Reichert, and J. Stein. 1994. A biomarker approach in assessing xenobiotic exposure in cancer-prone Atlantic tomcod from the North American Atlantic Coast. *Environmental Health Perspectives* 102(9): 764-770.
- Wood, A.M.,** L. Shapiro, and S.S. Bates. 1994. Domoic acid: Final report of the workshop, Oregon Institute of Marine Biology, February 21-23, 1992. Oregon Sea Grant, ORESU-W-94-001 (second edition).
- 1995**
- Apollonio, S.,** and K.H. Mann. 1995. A peculiar piece of water: Understanding fish distribution in the Gulf of Maine, p. 77-96. *In* P.W. Conkling [ed.]. *From Cape Cod to the Bay of Fundy: An Environmental Atlas of the Gulf of Maine.* MIT Press. Cambridge, Mass. 258 p.
- Conover, R.J.,** S. Wilson, G.C. Harding, and W.P. Vass. 1995. Climate, copepods and cod: Some thoughts on the long-range prospects for a sustainable northern cod fishery. *Clim. Res.* 5: 69-82.
- Cranford, P.J.** 1995. Relationships between food quantity and quality and absorption efficiency in sea scallops *Placopecten magellanicus* (Gmelin). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 189: 123-142.
- Cranford, P.J.,** W.P. Vass, and D.P. Reimer. 1995. "HABITRAP:" A new *in situ* technique using shellfish for monitoring biological effects of anthropogenic and natural changes in the coastal environment, p. 171-185. *In* *Proceedings of the 1995 Canadian Coastal Conference, Volume 1,* October 18-21, 1995, Dartmouth, N.S. Canadian Coastal Science and Engineering Association.
- Drinkwater, K.F.,** and G.C. Harding. 1995. The effects of the Hudson Strait

- outflow on the biology of the Labrador Shelf. *Int. Counc. Explor. Sea C.M.1995/ C14*. 18 p.
- Gordon, D.C., Jr.**, P.R. Boudreau, K.H. Mann, J.-E. Ong, W. Silvert, S.V. Smith, F. Wulff, and T. Yanagi. 1995. LOICZ Biogeochemical Modelling Guidelines. *LOICZ Rep. Stud.* 5.
- Gordon, D.C., Jr.**, T.W. Rowell, P. Schwinghamer, W.P. Vass, P.D. Keizer, P. Woo, and A. Ducharme. 1995. Trawling impact study. Summary report prepared for the 1995 Spring Meeting of the Scotia-Fundy Regional Advisory Process (RAP).
- Gordon, D.C., Jr.**, P.R. Boudreau, K.H. Mann, J.-E. Ong, W. Silvert, S.V. Smith, F. Wulff, and T. Yanagi. 1995. LOICZ biogeochemical modelling guidelines. *LOICZ Rep. Stud.* 5.
- Hannah, C.G.**, Y. Shen, J.W. Loder, and D.K. Muschenheim. 1995. bblt: Formulation and exploratory applications of a benthic boundary layer transport model. *Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* 166: vi + 52 p.
- Harding, G.C.**, K.F. Drinkwater, J.D. Pringle, A.J. Fraser, J. Prena, S. Pearre, Jr., R.I. Perry and W.P. Vass. 1995. Studies on the effect of the frontal zone on the northern face of Georges Bank, Gulf of Maine, on larval lobster and plankton distribution. *Int. Counc. Explor. Sea C.M.1995/Q19*. 18 p.
- Hargrave, B.T.** 1995. Past and future studies with sediment traps in Canadian east coast waters. *In* P. Wassmann and S. Floderus [ed.]. *Nordic Symposium on Sediment Trap Techniques*, 3. NuriPrint Oy, Finland.
- Hargrave, B.T.**, G.A. Phillips, N.J. Prouse, and P.J. Cranford. 1995. Rapid digestion and assimilation of bait by the deep-sea amphipod *Eurythenes gryllus*. *Deep-Sea Res.* 42: 1905-1921.
- Hargrave, B.T.**, G.A. Phillips, L.I. Doucette, M.J. White, T.G. Milligan, D.J. Wildish, and R.E. Cranston. 1995. Biogeochemical observations to assess benthic impacts of organic enrichment from marine aquaculture in the Western Isles Region of the Bay of Fundy, 1994. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2062: v + 159 p.
- Hargrave, B.T.**, N.J. Prouse, G.A. Phillips, and P.J. Cranford. 1995. Meal size and sustenance time in the deep-sea amphipod *Eurythenes gryllus* collected from the Arctic Ocean. *Deep-Sea Res.* 41: 1489-1508.
- Jellett, J.F.**, J.E. Stewart, and M.V. Laycock. 1995. Toxicological evaluation of saxitoxin, neosaxitoxin, gonyautoxin II, gonyautoxin II plus III and decarbamoylsaxitoxin with the mouse neuroblastoma cell bioassay. *Toxicol. in Vitro* 9: 57-65.
- Lal, D.**, K.H. Mann, and S.W.A. Naqvi. 1995. An Evaluation of the JGOFS Program. *Rep. Int. Counc. Sci. Unions (ICSU)*, Paris.
- LOICZ**. 1995. LOICZ Workshop: Biogeochemical Modelling for Coastal Zone Research. *LOICZ Meeting Rep.* 11.
- LOICZ**. 1995. SARCS/WOTRO/LOICZ Workshop on Biogeochemical Modelling. *LOICZ Meeting Rep.* 14.
- Mann, K.H.** 1995. The challenges and rewards of ecosystem science. *Limnol. Oceanogr.* 40: 209-210.
- Mann, K.H.** 1995. Book review: *Southern Ocean Ecology: the BIOMASS Perspective*, edited by S.Z. El-Sayed. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 185: 134-136.
- Mann, K.H.** 1995. Book review: *Aquatic Ecology: Scale, Pattern and Process*, edited by P.S. Giller et al. *Limnol. Oceanogr.* 40: 445-446.
- Milligan, T.G.** 1995. Tracing trace metals with mud. *Weekly Scientific Briefing*.
- Milligan, T.G.** 1995. An examination of the settling behaviour of a flocculated suspension. *Neth. J. Sea Res.* 33(2): 163-171.
- Muschenheim, D.K.**, T.G. Milligan, and D.C. Gordon, Jr. 1995. New technology and suggested methodologies for monitoring particulate wastes discharged from offshore oil and gas drilling platforms and their effects on the benthic boundary layer environment. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2049: x + 55 p.
- Muschenheim, D.K.**, T.G. Milligan, G.D. Steeves, and M.B. Chin-Yee. 1995. Imaging techniques and image analysis of particulate discharges from offshore oil and gas installations, p. 637-650. *In* Proceedings of the 1995 Canadian Coastal Conference, Volume 2, Oct. 18-21, 1995, Dartmouth, N.S. Canadian Coastal Science and Engineering Association.
- Osada, M.**, L.J. Marks, and J.E. Stewart. 1995. Determination of domoic acid by two different versions of a competitive enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 54: 797-804.
- Silvert, W.** 1995. Modelling environmental interactions of mariculture. *In* Proceedings of the ICES Annual Science Conference. *Int. Counc. Explor. Sea C.M.1995/ R:6*.
- Silvert, W.L.**, and B.T. Hargrave. 1995. Report on the International Workshop on Modelling Environmental Interactions of Mariculture. *Int. Counc. Explor. Sea. C.M.1995/F:6*. 22 p.
- Silvert, W.** 1995. Is the logistic equation a Lotka-Volterra model? *Ecol. Model.* 77: 95-96.
- Silvert, W.L.**, and A.D. Cembella. 1995. Dynamic modelling of phycotoxin kinetics in the blue mussel, *Mytilus edulis*, with implications for other marine invertebrates. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 521-531.
- Subba Rao, D.V.** 1995. Life cycle and reproduction of the dinoflagellate *Dinophysis norvegica*. *Aquat. Microb. Ecol.* 9: 199-201.

#### E. MARINE CHEMISTRY SECTION 1994

- Arseneault, J.T.**, W.L. Fairchild, S.B. Brown, and D.C.G. Muir. 1994. Comparison of organic contaminants and hepatic retinoid and tocopherol concentrations in Atlantic tomcod from two estuaries in the Gulf of St. Lawrence. *Proceedings of the 21st Annual Aquatic Toxicity Workshop*, Sarnia, Ont., Oct. 2-5, 1994. (Abstract)
- Azetsu-Scott, K.**, and F.C. Tan. 1994.  $^{18}\text{O}$  distribution in Kangerdlugssuaq Fjord and its implication for the geological record. *The Paleo Times* 2(12).
- Azetsu-Scott, K.**, and F.C. Tan. 1994. Oxygen isotope studies from iceland to East Greenland Fjord: A model for the glacial meltwater dynamics. *Modern Chemical and Biological Oceanography: The Influence of Peter J. Wangersky*. Halifax, N.S., July 28-29, 1994. (Abstract)
- Azetsu-Scott, K.**, and F.C. Tan. 1994. Oxygen isotope studies in Kangerdlugssuaq Fjord, East Greenland: Glacial meltwater dynamics and its implication for the Geologic Record. 24th Arctic Workshop, Boulder, Colorado, U.S.A., March 17-19, 1994. Volume 7. (Abstract)
- Buckley, D.E.**, J.N. Smith, and G.V. Winters. 1994. Accumulation of contaminant metals in marine sediments of Halifax Harbour, Nova Scotia: Environmental factors and historical trends. *Appl.*

- Geochem. 10: 175-195.
- Chou, C.L.**, and J.F. Uthe. 1994. Determination of thallium, uranium and  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  ratio in lobster (*Homarus americanus*) digestive gland using inductively-coupled plasma mass spectrometry, p. 250. *In* Proceedings of the 1994 Winter Conference on Plasma Spectrochemistry, San Diego Calif., USA, Jan. 10-15, 1994. (Abstract)
- Ellis, K.M.**, J.N. Smith, L. Polyak, G. Ivanov, and P. Krinitsky. 1994. Investigation of a sunken ship containing Russian radioactive waste in the Kara Sea. *In* Proceedings of the 5th International Conference on Low Level Measurements of Actinides and Long-Lived Radionuclides in Biological and Environmental Samples, Aomori, Japan, July 10-15, 1994. (Abstract)
- Fairchild, W.L.**, J.T. Arseneault, D.C.G. Muir, and S.B. Brown. 1994. Organic contaminants and reteneoids in Atlantic tomcod from two estuaries in the Gulf of St. Lawrence. SETAC, 15th Annual Meeting, Denver, Col., USA, Oct. 30-Nov. 3, 1994. (Abstract)
- Lundholm, N.**, J. Skov, R. Pocklington, and O. Moestrup. 1994. Domoic acid, the toxic amino acid responsible for amnesic shellfish poisoning, now in *Pseudonitzschia seriata* (bacillariophyceae) in Europe. *Phycologia* 33: 475-478.
- Lundholm, N.**, J. Skov, O. Moestrup, and R. Pocklington. 1994. *Pseudonitzschia seriata* - a new toxic diatom. *Harmful Algae News* 8: 6.
- Misra, R.K.**, and M.D. Nicholson. 1994. Univariate and multivariate analyses for time trends. *Int. Counc. Explor. Sea C.M.* 1994/ENV:6: 17-44.
- Niven, S.E.H.**, and P.E. Kepkay. 1994. Colloidal organic carbon and colloidal  $^{234}\text{Th}$  dynamics during a coastal phytoplankton bloom. *Abstr. Am. Chem. Soc.: GEOC 164*. **Pocklington, R.**, M.R. Morgan, and K. Drinkwater. 1994. Why we should not expect "Greenhouse Warming" to be a significant factor in the Eastern Canadian coastal zone in the near future, p. 1824-1830. *In* P.G. Wells and P.J. Ricketts [ed.]. *Coastal Zone Canada '94*, "Cooperation in the Coastal Zone": Conference Proceedings. Volume 4. Coastal Zone Canada Association, Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, Nova Scotia, Canada.
- Pocklington, R.**, R. Morgan, and K. Drinkwater. 1994. North Atlantic and Northwest European temperature trends in relation to Northern Hemisphere "Greenhouse Warming". Paper Presented at Wangersky Symposium, Dal. Univ., Halifax, N.S., July 28, 1994.
- Pocklington, R.**, R. Morgan, and K. Drinkwater. 1994. Are linear regressions adequately describing temperature trends in climate change analyses?, p. 65. *In* 28th Annual Congress, Canadian Meteorological and Oceanographic Society, May 30 to June 3, 1994, Ottawa, Ontario. (Abstract)
- Prouse, N.J.**, and J.F. Uthe. 1994. Concentrations of pesticides and other industrial chemicals in some sports fish species from a few sites in New Brunswick and Nova Scotia. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1981: v + 39 p.
- Prouse, N.J.** 1994. Ranking harbours in the Maritime Provinces of Canada for potential to contaminate American lobster (*Homarus americanus*) with polycyclic aromatic hydrocarbons. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1960: v + 50 p.
- Niven, S.E.H.**, and P.E. Kepkay. 1994. Dynamics of colloidal organic carbon and colloidal  $^{234}\text{Th}$  over a phytoplankton bloom. *Abstr. Am. Chem. Soc.: GEOC 164*.
- Petrie, B.**, K. Drinkwater, and P. Yeats. 1994. Ocean climate variations for the Canadian east coast: A simple model with an update for 1993. *Fish. Oceans Can. Atl. Fish. Res. Doc.* 94/17. 28 p.
- Sangalang, G.B.**, and J.F. Uthe. 1994. Corticosteroid activity, *in Vitro*, in interrenal tissue of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Parr. 1. Synthetic profiles. *Gen. Comp. Endocrinol.* 95: 273-285.
- Sangalang, G.B.**, S. Crain, and J.F. Uthe. 1994. Corticosteroid activity, *in Vitro*, in interrenal tissue of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Parr. 2. Comparative profiles from Nova Scotia Stocks. *Gen. Comp. Endocrinol.* 95: 286-294.
- Smith, J.C.**, J.T. Arseneault, W.L. Fairchild, and L.E. Waite. 1994. Heavy metal contamination of marine biota in the Miramichi Estuary. Miramichi Environmental Science Workshop, Miramichi River Environmental Assessment Committee, Newcastle, N.B., April 13-15, 1994. (Abstract)
- Smith, J.N.**, K.M. Ellis, A. Aarkrog, H. Dahlgard, and E. Holm. 1994. Sediment mixing and burial of the Pu-239,240 pulse from the 1968 Thule, Greenland, nuclear weapons accident. *J. Environ. Radiact.* 25: 135-159.
- Tan, F.C.**, and P.M. Strain. 1994. Oxygen isotope studies in Hudson Bay and Hudson Strait, Canada, p. 314. *In* Eighth International Conference on Geochronology, Cosmochronology and Isotope Geology, Berkeley, California, U.S.A., June 5-11, 1994. *U S Geol. Surv. Circ.* 1107. (Abstract)
- Vandermeulen, J.H.**, and D. Mossman. 1994. Applying the mixed function oxidase (MFO) assay to winter flounder in a coaltar contaminated estuary, p. 1213-1228. *In* P.G. Wells and P.J. Ricketts [ed.]. *Coastal Zone Canada '94*, "Cooperation in the Coastal Zone": Conference Proceedings. Volume 3. Coastal Zone Canada Association, Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, Nova Scotia, Canada.
- Vandermeulen, J.H.**, and J.G. Singh. 1994. *Arrow* oil spill 1970-1990: Persistence of 20-year weathered Bunker C fuel oil. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51(4): 845-855.
- Vandermeulen, J.H.**, W. Thorpe, and K. Hellenbrand. 1994. Short-term weathering rates of buried oils in experimental sand columns over north-temperate temperature Range. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 53(1): 46-53.
- Vignier, V.**, J.H. Vandermeulen, J. Singh, and D. Mossman. 1994. Interannual mixed function oxidase activity in winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) from a coal-tar contaminated estuary. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51: 1368-1375.
- Willis, D.E.** 1994. Mixed function oxidase - an indicator for environmental effects monitoring. *In* P.G. Wells and P.J. Ricketts [ed.]. *Coastal Zone Canada '94*, "Cooperation in the Coastal Zone": Conference Proceedings. Volume 5. Coastal Zone Canada Association, Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, Nova Scotia, Canada.

## 1995

- Arseneault, J.T.**, W.L. Fairchild, and S. Bastien-Daigle. 1995. Toxic chemicals bibliographic database for the Gulf Region. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 960: 64 p.
- Buscail, R.**, R. Pocklington, and C. Germain. 1995. Seasonal variability of the



- organic matter in a sedimentary coastal environment: sources, degradation and accumulation. *Cont. Shelf Res.* 15: 843-869.
- Chou, C.L.**, and J.F. Uthe. 1995. Thallium, uranium and  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  ratios in the digestive gland of American lobster (*Homarus americanus*) from an industrialized harbour. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 54: 1-7.
- Dalziel, J.A.** 1995. Reactive mercury in the eastern North Atlantic and southeast Atlantic. *Mar. Chem.* 49: 307-314.
- Ellis, K.M.**, J.N. Smith, R.P. Nelson, L. Kilius, R. Macdonald, E. Cormack, and S.B. Moran. 1995. Distribution of artificial radionuclides in the Arctic Ocean from the 1994 Arctic Ocean Section, p. 204-207. *In* P. Strand and A. Cooke [ed.]. *Proceedings of the International Conference on Environmental Radioactivity in the Arctic*, Oslo, Norway, Aug. 21-25, 1995.
- Fairchild, W.L.**, and J.T. Arseneault. 1995. Heavy metals in young-of-the-year atlantic salmon collected near mining activity on the Tomogonops and Northwest Miramichi Rivers, New Brunswick. *In* *Proceedings of the 22nd Annual Aquatic Toxicity Workshop*, St. Andrews N.B., Oct. 1-4, 1995. (Abstract)
- Fairchild, W.L.**, J.T. Arseneault, S.B. Brown, and D.C.G. Muir. 1995. Effects of estuarine exposure to contaminants on hepatic vitamins in Atlantic tomcod. *In* *Proceedings of the 2nd SETAC World Congress*, Vancouver BC, Nov. 5-9, 1995. (Abstract)
- Josefsson, D.**, E. Holm, B.R. Persson, P. Roos, J.N. Smith, and L. Kilius. 1995. Radiocesium and  $^{129}\text{I}$  along the Russian coast. Preliminary results from the Swedish Russian Tundra Ecological Expedition - 1994, p. 273-275. *In* P. Strand and A. Cooke [ed.]. *Proceedings of the International Conference on Environmental Radioactivity in the Arctic*, Oslo, Norway, Aug. 21-25, 1995.
- Kilius, L.R.**, X.-L. Zhao, J.N. Smith, and K.M. Ellis. 1995. The measurement of  $^{129}\text{I}$  in the Canadian Arctic Basin and other Arctic waters, p. 117-120. *In* P. Strand and A. Cooke [ed.]. *Proceedings of the International Conference on Environmental Radioactivity in the Arctic*, Oslo, Norway, Aug. 21-25, 1995.
- King, T.L.**, J.F. Uthe, and C.J. Musial. 1995. Rapid semi-micro method for separating non-ortho-chlorinated chlorobiphenyls from other chlorobiphenyls. *The Analyst* 120: 1917-1921.
- Landing, W.M.**, G.A. Cutter, J.A. Dalziel, A.R. Flegal, R.T. Powell, D. Schmidt, A. Shiller, P. Statham, S. Westerlund, and J. Resing. 1995. Analytical intercomparison results from the 1990 Intergovernmental Oceanographic Commission open-ocean baseline survey for trace metals: Atlantic Ocean. *Mar. Chem.* 49: 253-265.
- Loring, D.H.**, and R.T.T. Rantala. 1995. Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. Reference Methods for Marine Pollution Studies No. 63, UN Environment Programme (UNEP)/IOC/IAEA, Monaco. 84 p.
- Loring, D.H.**, K. Naes, S. Dahle, G.G. Matishov, and G. Illin. 1995. Arsenic, trace metals, and organic contaminants in sediments from the Pechora Sea, Russia. *Mar. Geol.* 128: 153-167.
- Measures, C.I.**, P.A. Yeats, and D. Schmidt. 1995. The hydrographic setting of the IOC baseline cruise to the eastern Atlantic 30S to 35N. *Mar. Chem.* 49: 243-252.
- Misra, R.K.**, I.J. Davies, N.H.F. Watson, and J. F. Uthe. 1995. Investigation of temporal variations in relative abundance of macroinvertebrates in Lake 224 of the Experimental Lakes Area by a multivariate method. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2026: vii + 26 p.
- Misra, R.K.**, and J.F. Uthe. 1995. Comments on the use of the median and mean contaminant concentration values in an investigation of time trends and temporal variations. *Int. Counc. Explor. Sea Working Paper* 6.3. 6 p.
- Misra, R.K.**, I.J. Davies, N.H.F. Watson, and J.F. Uthe. 1995. Investigations of temporal variations in relative abundance of macroinvertebrates in Lake 224 of the Experimental Lakes Area by a multivariate method. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2026: vii + 26 p.
- Morgan, M.R.**, and R. Pocklington. 1995. Northern hemispheric temperature trends from instrumental surface air records. *CMOS Bull.* 23: 3-5.
- Niven, S.E.H.**, P.E. Kepkay, and A. Boraie. 1995. Colloidal organic carbon and colloidal  $^{234}\text{Th}$  dynamics during a coastal phytoplankton bloom. *Deep-Sea Res.* 42: 257-273.
- Pan, Y.**, D.V. Subba Rao, K.H. Mann, R.G. Brown, and R. Pocklington. 1995. Effects of silicate limitation on production of domoic acid, a neurotoxin, by the diatom *Pseudonitzschia pungens* f. *multiseries* (Hasle). I. Batch culture studies. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 131: 225-233.
- Pocklington, R.** 1995. Trends '93 - where's the warming? *Delta* 5: 5 & 16.
- Pocklington, R.** 1995. Climate change - the scientific view, p. 41-46. *In* T.R. Vant [ed.]. *Proceedings of the National Climate Change Conference*, Toronto Ont, Oct. 17, 1995. 116 p.
- Pocklington, R.**, and M.R. Morgan. 1995. Decade-to-century surface air temperature trends in North America, North Atlantic, and Northwest Europe, p. 128-139. *In* R.W. Shaw [ed.]. *Science and Policy Implications of Atmospheric Issues in Atlantic Canada*. Occas. Rep. 6, Environ. Can., Sackville N.B., 143 p.
- Pocklington, R.**, M.R. Morgan, and J.D. Leonard. 1995. Greenhouse warming revisited. *Can. Chem. News* 47: 17-18.
- Pocklington, R.**, M.R. Morgan, J.D. Leonard, and K. Lee. 1995. The effect of duration of record and of method of analysis on climate change conclusions derivable from historical temperature data. *In* *Proceedings of the 29th Annual CMOS Congress*, Kelowna B.C., May 29-June 2, 1995. (Abstract)
- Polyak, L.**, S. Forman, J.N. Smith, K.M. Ellis, G. Ivanov, D. Matishov, and V. Gatullin. 1995. Sediment and radionuclide fluxes in the Barents and Kara Seas, Russia. *In* *Proceedings of the Arctic Nuclear Waste Assessment Program Workshop*, Woods Hole Mass., May 1-4, 1995. (Abstract)
- Smith, J.N.**, and K.M. Ellis. 1995. Radionuclide tracer profiles at the CESAR Ice Station and Canadian Ice Island in the western Arctic Ocean. *Deep-Sea Res.* 42: 1447-1470.
- Smith, J.N.**, K.M. Ellis, K. Naes, S. Dahle, and D. Matishov. 1995. Sedimentation and mixing rates of fallout radionuclides in Barents Sea sediments off Novaya Zemlya. *Deep-Sea Res.* 42: 1471-1493.
- Smith, J.N.**, K.M. Ellis, L. Polyak, S. Forman, D. Matishov, G. Matishov, G. Ivanov, S. Dahle, and L. Kilius. 1995. Radionuclide transport through the Arctic Ocean: Monitoring strategies, p. 64-66. *In* *Proceedings of the Workshop on Monitoring of Nuclear Contamination in Arctic Seas*, Naval Research Laboratory, Washington D.C., Jan. 18-19, 1995.

**Smith, J.N.**, K.M. Ellis, S. Forman, L. Polyak, G. Ivanov, D. Matishov, L. Kilius, and S. Dalhle. 1995. Radionuclide sources in the Barents and Kara Seas, p. 179-195. *In* P.Strand and A Cooke [ed.]. Proceedings of the International Conference on Environmental Radioactivity in the Arctic, Oslo, Norway, Aug. 21-25, 1995.

**Smith, J.N.**, K.M. Ellis, S. Forman, L. Polyak, G. Ivanov, D. Matishov, and L. Kilius. 1995. Radionuclide sources and transport pathways in the Arctic Ocean. *In* Proceedings of the Arctic Nuclear Waste Assessment Program Workshop, Woods Hole Mass., May 1-4, 1995. (Abstract)

**Strain, P.M.** 1995. Simple models of nutrient dynamics in Letang Inlet, N.B., and Ship Harbour, N.S. *In* Proceedings of the International Workshop on Modelling Environmental Interactions of Mariculture, ICES Working Group on Environmental Interactions of Mariculture, Dartmouth N.S., Sept. 6-8, 1995.

**Strain, P.M.**, D.J. Wildish, and P.A. Yeats. 1995. The application of simple models of nutrient loading and oxygen demand to the management of a marine tidal inlet. *Mar. Pollut. Bull.* 30: 253-261.

**Yeats, P.A.**, S. Westerlund, and A.R. Flegal. 1995. Cadmium, copper and nickel distributions at four stations in the eastern central and south Atlantic. *Mar. Chem.* 49: 283-293.

## DIVISION DE L'HYDROGRAPHIE SERVICE HYDROGRAPHIQUE DU CANADA

### (Atlantique)

**Dinn, D.**, B. Loncarevic and G. Costello. 1995. The Effect of Sound Velocity Errors on Multibeam sonar Depth Accuracy; *Oceans '95 MTS/IEEE*, October 1995.

**Loncarevic, B.**, G. Costello and D. Dinn. 1994. An Evaluation of Ship Motion Sensors (MMST-93); International Symposium on Kinematic Systems in Geodesy, Geomatics and Navigation (KIS94), Banff, 1994.

**Loncarevic, B.**, R.Courtney, G.Fader, P.Giles, D.Piper, G.Costello, J.H.Clarke, R. Stea. 1994. Sonography of a glaciated continental shelf. *GEOLOGY*, v.22, pp747-750, 1994

**Nicholson, D.** 1994. Print on Demand: An Alternative to Conventional Chart Production. U.S. Hydrographic Conference '94, Norfolk, Virginia, 1994.

## DIVISION DES POISSONS DE MER

### 1994

**Angel, J.R.**, D.L. Burke, R.N. O'Boyle, F.G. Peacock, M. Sinclair and K.C.T. Zwanenburg. 1994. Report of the workshop on Scotia-Fundy groundfish management from 1977 to 1993. *Can. Tech. Rep. Fish. Aqua. Sci.* No. 1979.

**Annand, C.** and D. Beanlands. 1994. An update on the status of 4VW and 4X flatfish stocks. *DFO Atl. Fish. Res. Doc.* 94/34.

**Annand, C.** and D.Beanlands. 1994. A review of the status of the 4VWX, 3NOPs halibut stocks. *DFO Atl. Fish. Res. Doc.* 94/41.

**Annand, C.** and J. Hansen. 1994. Management measures for 1993 and early 1994. *DFO Atl. Fish. Res. Doc.* 94/71.

**Anon.** 1994a. Report on the status of groundfish stocks in the Canadian Northwest Atlantic. *DFO Atl. Fish. Stock Status Report* 94/4.

**Anon.** 1994b. Proceedings of the Fall RAP Meeting. *DFO Atl. Fish. Proceedings* 94/xx.

**Aria-Gonzales, J.E.**, R. Galzin, J.D. Neilson, R. Mahon and K. Aiken. 1994. Reference area as a factor affecting potential yield estimates of coral reef fishes. *Naga* 17: 37-40.

**Atkinson, G.** and R.R. Claytor. 1994. Status of Atlantic salmon in the Buctouche river in 1993. *DFO Atl. Fish. Res. Doc.* 94/15: 21 p.

**Atkinson, G.** and R.R. Claytor. 1994. Status of Atlantic salmon in the Tabunsintac River in 1993. *DFO Atl. Fish. Res. Doc.* 94/5: 64 p.

**Atkinson, G.** and R.R. Claytor. 1994. Status of Atlantic salmon in the Richibucto River, New Brunswick in 1992, 1993. *DFO Atl. Fish. Res. Doc.* 94/2: 21 p.

**Boness, D.J.**, W.D. Bowen and O.T. Oftedal. 1994. Evidence from time-depth recorders of a foraging cycle during lactation in a small phocid, the harbour seal. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 34: 95-104.

**Boness, D.J.**, W.D. Bowen and S.J.

Iverson. In press. Evidence of male harassment as a factor in the evolution of reproductive synchrony in the grey seal. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 34: 95-104.

**Bourque, C.** and D.K. Cairns. 1994. Efficiency and accuracy of an automated data capture and error-checking system for laboratory fish processing. *North Am. J. Fish. Man.* 14: 650-655.

**Bowen, W.D.** and G. Harrison. 1994. Offshore diets of grey seals (*Halichoerus grypus*) near Sable Island, Canada. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 112: 1-11.

**Bowen, W.D.**, O.T. Oftedal, D.J. Boness and S.J. Iverson. 1994. The effect of maternal age and other factors on birth mass in harbour seals. *Can. J. Zool.* 72: 8-14.

**Branton, R.** 1994. Reduction of bycatches in the Scotian Shelf silver hake fishery. Scotia-Fundy Region, Halifax, N.S., Project Summary No. 47, April, 1994: 4 p.

**Branton, R.** and R. Halliday. 1994. Unit 3 redfish population and fishery trends. *DFO Atl. Fish. Res. Doc.* 94/38: 33 p.

**Burke, L.**, C. Annand, R. Barbara, L. Brander, M-A. Etter, D. Liew, R.O'Boyle and G. Peacock. 1994. The Scotia-Fundy inshore dragger fleet ITQ Program: Background, implementation, and results to date. *ICES C.M.* 1994/T: 35.

**Campana, S.E.** 1994. Conference Report on the International Symposium on Fish Otolith Research and Application. *Rev. Fish. Biol. Fish.* 4: 124-125.

**Campana, S.E.** and J.A. Gagné. 1994. Differentiation of 4T and 4Vs cod using otolith elemental fingerprints. *DFO Atl. Fish. Res. Doc.* 94/27.

**Campana, S.E.**, A.J. Fowler and C.M. Jones. 1994. Otolith elemental fingerprinting for stock identification of Atlantic cod (*Gadus morhua*) using laser ablation ICPMS. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51: 1942-1950.

**Canada.** Dept of Fisheries and Oceans. Gulf region. Marine and anadromous fish division / Canada. Ministère des pêches et des océans. Région du golfe. Division des poissons de mer et des espèces anadromes. 1994. 1994 Gulf region stock status report for groundfish and herring / Rapport sur l'état des stocks de poisson de fonds et de hareng pour la région du golfe 1994. *Can. Manusc. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2244 / Rapp. manus. can. sci. halieut. aquat. 2244:

- 130 p.
- Chang, B.D.**, R.L. Stephenson, D.L. Wildish and W.W. Watson-Wright. 1995. Protecting regionally significant marine habitats in the Gulf of Maine: a Canadian perspective, p. 121-146. [In:] Improving interactions between coastal science and policy. Proceedings of the Gulf of Maine Symposium, Kennebunkport, ME, 1-3 November 1994. National Academy Press, Washington, DC.
- Chaput, G.**, D. Moore, M. Biron and R. Claytor. 1994. Stock status of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the Miramichi River, 1993. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/20: 80 p.
- Chaput, G.**, D. Moore, M. Biron and R. Claytor. 1994. Stock status of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the Miramichi River, 1993. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/20: 80 p.
- Chouinard, G.** and A. Fréchet. 1994. Fluctuation in the cod stocks of the Gulf of St. Lawrence. ICES Marine Science Symposia. 198: 121-139.
- Chouinard, G.A.** 1994. Distribution of groundfish and herring during the 1994 Cabot Strait survey. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/68: 24 p.
- Chouinard, G.A.** and D.P. Swain. 1994. Environmental overview for the southern Gulf of St. Lawrence in 1993. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/69: 20 p.
- Chouinard, G.A.**, A.F. Sinclair, S.E. Campana, T.C. Lambert and J.M. Hanson. 1994. Biological, environmental and fishery science considerations for the management of cod in 4T and 4Vn. Background document for the Forum on Cod in 4T and 4Vn, Moncton, N.B.
- Claytor, R.R.**, F. Mowbray, C. LeBlanc, C. Bourque and C. MacDougall. 1994. Assessment of the NAFO division 4T Southern Gulf of St. Lawrence herring stock, 1993 / Evaluation du stock de hareng du sud du golfe du Saint-Laurent dans la division 4T de l'OPANO, 1993. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/79: 123 p.
- Claytor, R.R.**, R. Pickard, A. Locke, F. Mowbray, G. Landry and A. Madden. 1994. Status of Atlantic salmon in the Restigouche river in 1993. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/16: 53 p.
- Courtenay, S.**, R. Claytor, G. Chaput, D.S. Moore and D.M. Robertson. 1994. Salmon catch and effort in the Miramichi river first nations gillnet fishery. Can. Ind. Rep. Fish. Aquat. Sci. 222: vi,19 p.
- D'Amours, D.**, K.T. Frank and G. Bugden. 1994. Report of the working group on oceanographic effects on stock migration and mixing - reviewed by the Fisheries Oceanography Committee (FOC). DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/54: 52 p.
- D'Amours, P.**, S. Courtenay, C. LeBlanc et G. Landry. 1994. Débarquements historiques et inventaires de l'éperlan arc-en-ciel réalisés dans la Baie-des-Chaleurs entre 1917 et 1993. Rapp. stat. can. sci. halieut. aquat. 933: 64 p.
- Drinkwater, K.F.** and K.T. Frank. 1994. Effects of river regulation and diversion on marine fish and invertebrates. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 4: 135-151.
- Frank, K.T.** and J.E. Simon. 1994. Recent extension of capelin onto the eastern Scotian Shelf (NAFO Div. 4VW), pp. 147-164. [In:] Capelin in SA2 + Div. 3KL. J.E. Carscadden [Ed.] DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/18: 164 p.
- Frank, K.T.** and W.C. Leggett. 1994. Fisheries ecology in the context of ecological and evolutionary theory. Annu. Rev. Ecol. Syst. 25: 401-422.
- Frank, K.T.**, J. Simon and J.E. Carscadden. 1994. Recent excursions of capelin (*Mallotus villosus*) to Scotian Shelf and Flemish Cap during anomalous hydrographic conditions. NAFO SCR Doc. 94/68, Ser. No. N2446: 20 p.
- Frank, K.T.**, K.F. Drinkwater and F.H. Page. 1994. Possible causes of recent trends and fluctuations in Scotian Shelf/Gulf of Maine cod stocks. ICES Mar. Sci. Symp. 198: 110-120.
- Gavais, S.** and L. VanEechhaute. 1994. Assessment of haddock on eastern Georges Bank. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/31, 38 p.
- Gavaris, E.** 1994. Analysis of trends in effort. In: Angel, J.R., D.L. Burke, R.N. O'Boyle, F.G. Peacock, M. Sinclair and K.C.T. Zwanenburg. 1994. Report of the workshop on Scotia-Fundy groundfish management from 1977 to 1993. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1979: vi+175 p.
- Gavaris, S.**, D. Clark and P. Perley. 1994. Assessment of cod in Division 4X. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/36, 29 p.
- Gregoire, F.** and M. Showell. 1994. Description of the mackerel catches (*Scomber scombrus*, L.) of the foreign fishery in NAFO Divisions 4Vn, 4W and 4X between 1990 and 1992. Can. Data Rpt. Fish. Aquat. Sci. 947.
- Halliday, R.G.** 1994. Year-class strength in the Scotian Shelf silver hake stock. NAFO SCR Doc. 94/39, Ser.No. N2409: 8 p.
- Hammill, M.O.** and B. Mohn. 1994. A model of grey seal predation on Atlantic cod on the Scotian Shelf and Gulf of St. Lawrence. DFO Atl. Res. Doc 94/75: 25 p.
- Hammill, M.O.**, M.S. Ryg and B. Mohn. 1994. Consumption of cod by the Northwest Atlantic grey seal in eastern Canada. MS. Presented to International Symposium on the Biology of Marine Mammals in the Northeast Atlantic, Tromsø, 1994.
- Hanson, J.M.** 1994. Preliminary estimates of biomass of commercially important species eaten by Atlantic cod (*Gadus morhua*) in the Southern Gulf of St. Lawrence, 1992 and 1993. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/45: 16 p.
- Hunt, J.J.** and M.C. Bourbonnais. 1994. Summary of age training for silver hake. NAFO SCR Doc. 94/34 Ser.No. N2402: 7 p.
- Hurlbut, T.**, D. Swain, G. Chouinard, G. Nielsen, R. Morin and R. Hebert. 1994. Status of the fishery for white hake (*Urophycis tenuis*, Mitchell) in the Southern Gulf of St. Lawrence (NAFO Division 4T) in 1992 and 1993. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/59: 56 p.
- Hurley, P.C.F.**, P. Comeau and G.A.P. Black. 1994. Assessment of 4X haddock in 1993. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/39: 42 p.
- Kenchington, T.J.** and R.G. Halliday. 1994. A survey of fishing practices in the Scotia-Fundy Region groundfish longline fisheries. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2225: 642 p.
- Kenchington, T.J.**, R.G. Halliday and G.D. Harrison. 1994. Fishing grounds exploited in 1990 by groundfish longliners based in Canada's Scotia-Fundy Region. NAFO Sci. Coun. Studies 20: 65-84.
- Lambert, T.C.** 1994. Preliminary report of cod test fishery 4Vn and 4Vsb (October - November, 1993). Internal Report, Marine Fish Division, Biological Sciences Branch, Department of Fisheries and Oceans: 39 p.
- Lambert, T.C.** and S. Wilson. 1994. Update on the status of 4Vn cod:

- 1992-1993. DFO Atl. Res. Doc. 94/46: 23 p.
- Lane, D.E.** and R.L. Stephenson. 1994. Fisheries management science: the framework to link biological, economic and social objectives in fisheries management. ICES C.M. 1994/T:41: 13 p.
- LeBlanc, C.** and J. Dale. 1994. Distribution and acoustic backscatter of herring in NAFO divisions 4T and 4Vn, October 1993. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/44: 49 p.
- LeBlanc, C.** and P. LeBlanc. 1994. The 1993 4T herring gillnet questionnaire. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/60: 31 p.
- Locke, A., F. Mowbray** and R.R. Claytor. 1994. Status of Atlantic salmon in the Nepisiguit River, New Brunswick in 1982-1993. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/3: 62 p.
- Marshall, C.T.** and K.T. Frank. 1994. Geographic responses of groundfish to variations in abundance: Methods of detection and their interpretation. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 808-816.
- Melvin, G.D., F.J. Fife, J.B. Sochasky, M.J. Power,** and R.L. Stephenson. 1994. Georges Bank (5Z) herring 1994 update. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/87: 25 p.
- Mohn, R.** 1994. A comparison of three methods to convert catch at length data into catch at age. Int. Comm. Conserv. Atl. Tunas Coll. Vol. Sci. Pap., Madrid 42: 110-119.
- Mohn, R.** 1994. Progress report on length based methods using the 4 data sets derived at 1993 ICCAT meeting. ICCAT SCRS/94/65.
- Mohn, R.** 1994. Simultaneous estimation of age composition in all years via iterated sequential population analysis AFS Meetings, Halifax. (Abstract)
- Mohn, R.** and W.D. Bowen. 1994. A model of grey seal predation on 4VsW cod and its effects on the dynamics and potential yield of cod. DFO Atl. Res. Doc. 94/64: 43 p.
- Mohn, R.** and W.J. MacEachern. 1994. Assessment of 4VsW Cod in 1993. DFO Atl. Res. Doc. 94/40: 37 p.
- Morin, R.** and T. Hurlbut. 1994. Distribution of witch flounder (*Glyptocephalus cynoglossus* L.) and white hake (*Urophycis tenuis* M.) in the Gulf of St. Lawrence in relation to management units. DFO Atl. Fish Res. Doc. 94/90: 30 p.
- Morin, R., D. Swain, I. Forest-Gallant** and R. Hébert. 1994. Status of winter flounder in NAFO Division 4T. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/48: 32 p.
- Morin, R., G. Chouinard, I. Forest-Gallant, R. Hébert, G. Nielsen, A. Sinclair** and D. Swain. 1994. Status of American plaice in NAFO Division 4T. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/56: 29 p.
- Morin, R., I. Forest-Gallant** and T. Hurlbut. 1994. Status of witch flounder in NAFO Divisions 4RST. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/42: 26 p.
- Mowbray, F.** and C. Bourque. 1994. Catch-at-age and weight-at-age of Atlantic herring catches in NAFO divisions 4T and 4VN, 1978-1993. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/96: 38 p.
- Neilson, J.D., S. Manickland-Heilemand** and S. Singh-Renton. 1994. Assessment of hard parts of blackfin tuna (*Thunnus atlanticus*) for determining age and growth. ICCAT Collective Volume of Scientific Papers XLII (2): 369-376.
- Nielsen, G.A.** 1994. Comparison of the fishing efficiency of research vessels used in the Southern Gulf of St. Lawrence groundfish surveys from 1971 to 1992. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1952: 56 p.
- O'Boyle, R.** 1994a. The conservation properties of a strategy to allow fish to spawn at least once. FRCC Discussion Paper. 9 p.
- O'Boyle, R.** [Ed.]. 1994b. Review of the Marine Fish Division's Marine Mammal Program. MS. 78 p.
- O'Boyle, R., C. Annand** and L. Brander. 1994. Individual quotas in the Scotian Shelf groundfishery off Nova Scotia, Canada. pp 152-168. [In:] K.L. Gimbel's [ed.] limited access to marine fisheries: keeping the focus on conservations. Center for Marine Conservation and World Wildlife Fund. Washington, D.C., 316 p.
- O'Boyle, R.N.** and K.C.T. Zwanenburg [Eds]. 1994. Report of the Scotia-Fundy Regional Advisory Process (RAP). Can. Manu. Rep. Fish. Aqua. Sci. No. 2252.
- O'Boyle, R.N., C. Annand, B. Branton, P. Hurley, R. Mohn** and K. Zwanenburg. 1994. Survey update for selected Scotia-Fundy groundfish stocks, 12 September 1994. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/76: 69 p.
- O'Boyle, R.** and J. Neilson. 1994. 1994 Consultations on research programs and priorities of Scotia-Fundy Science Groundfish Program. DFO Atl. Res. Doc. 94/95.
- O'Boyle, R.** and S. Brown. 1994. East Coast of North America Strategic Assessment Project: Offshore Case Study on the Distribution and Habitats of Shelf and Offshore Species. Project Planning Document.
- Oxenford, H.A., W. Hunte, R. Deane** and S.E. Campana. 1994. Otolith age validation and growth rate variation in flyingfish (*Hirundichthys affinis*) from the eastern Caribbean. Mar. Biol. 118: 585-592.
- Page, F.H., R.J. Losier, S.J. Smith** and K. Hatt. 1994. Associations between cod, and temperature, salinity and depth within the Canadian groundfish bottom trawl surveys (1970-1993) conducted in NAFO Divisions 4VWX and 5Z. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1958: vii + 160 p.
- Perry, R.I.** and S.J. Smith. 1994. Identifying habitat associations of marine fishes using survey data: An application to the NW Atlantic. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 589-602.
- Pollard, S.M., R.G. Danzmann** and R.R. Claytor. 1994. Association between the regulatory locus PGM-1r\* and life-history types of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 1322-1329.
- Porter, J.M.** (Convenor). 1994. ICCAT workshop on the technical aspects of methodologies which account for individual growth variability by age. Int. Comm. Conserv. Atl. Tunas Coll, Vol. Sci. Pap., Madrid 42: 1-84.
- Porter, J.M.** 1994. National Report of Canada, 1992-93. Int. Comm. Conserv. Atl. Tunas, Rep. For Biennial Period 1992-93, Part II: 354-359.
- Porter, J.M.** 1994. Review of swordfish age and growth data and methodologies. Int. Comm. Conserv. Atl. Tunas Coll, Vol. Sci. Pap., Madrid 42: 100-102.
- Porter, J.M., M.J.W. Stokesbury, C.A. Dickson** and W.E. Hogans. 1994. A mark-recapture experiment on bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.) from the Browns-Georges banks region of the Canadian Atlantic: 1993 update. Int. Comm. Conserv. Atl. Tunas Coll, Vol. Sci. Pap., Madrid 42: 150-153.
- Ross, P.S., R.L. de Swart, I.K.G. Visser, L.J. Vedder, W. Murk, W.D. Bowen** and A.D.M.E. Osterhaus. 1994. Relative immunocompetence of the newborn

- harbour seal, *Phoca vitulina*. Vet. Immunol. Immunopathol. 42: 331-348.
- Sameto, D.**, J.D. Neilson and D. Waldron. 1994. Zooplankton prey selection by juvenile fish in Nova Scotian basins. J. Plank. Res. 16: 1003-1019.
- Schweigert, F.J.** and W.T. Stobo. 1994. Lipid metabolism in lactating grey seal mothers and suckling pups. (Symposium paper presentation) EEP-Meeting on Research and Captive Propagation. Erlangen, Germany, 15-17 April.
- Schweigert, F.J.** and W.T. Stobo. 1994. Transfer of fat-soluble vitamins and PCBs from mother to pups in grey seals (*Halichoerus grypus*). Comp. Biochem. Physiol. 190C: 111-117.
- Showell, M.A.** and M.C. Bourbonnais. 1994. Status of the Scotian Shelf silver hake populations in 1993 with projections to 1995. NAFO SCR Doc.94/32 Ser.No. N2400: 33 p.
- Simon, J.E.** 1994. Assessment of 4VsW skates. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/Xx.
- Sinclair, A.** 1994. Recent declines in cod stocks in the Northwest Atlantic. NAFO Sci. Coun. Res. Doc. 73: 17 p.
- Sinclair, A.** and L. Currie. 1994. Timing of cod migrations into and out of the Gulf of St. Lawrence based on commercial fisheries, 1986-93. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/47: 18 p.
- Sinclair, A.** and L. Currie. 1994. Timing of cod migrations into and out of the Gulf of St. Lawrence based on commercial fisheries, 1986-93. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/47: 18 p.
- Sinclair, A.**, G. Chouinard, D. Swain. R. Hébert, G. Nielsen, M. Hanson, L. Currie and T. Hurlbut. 1994. Assessment of the fishery for Southern Gulf of St. Lawrence Cod : May 1994/ Evaluation de la pêche à la morue du sud du golfe Saint-Laurent : mai 1994. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/77: 116 p.
- Sinclair, A.**, G. Chouinard, D. Swain. R. Hébert, G. Nielsen, M. Hanson, L. Currie and T. Hurlbut. 1994. Assessment of the fishery for Southern Gulf of St. Lawrence Cod : May 1994/ Evaluation de la pêche à la morue du sud du golfe Saint-Laurent : mai 1994. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/77: 116 p.
- Sinclair, M.** and K.T. Frank. 1994. Symposium summary. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 121: 227-231.
- Sinclair, M.**, D.L. Burke, J.R. Angel, R.N. O'Boyle, F.G. Peacock and K.C.T. Zwanenburg. 1994. A Report Card on Quota Management: The Scotia-Fundy Experience. ICES C.M. 1994/T:58.
- Smith, S.J.** 1994. Evaluating statistical properties of trawl survey estimates of mean abundance. ICES C.M. (B+D+G+H):3: 23 p.
- Smith, S.J.** 1994. Implications of associations between environment variables and fish catch on trawl survey abundance indices. Proceedings of the XVIIth International Biometric Conference, Hamilton, Ontario, 8-12 August 1994. Volume 1 (Invited Papers): 235-253.
- Smith, S.J.** and F.H. Page. 1994. Implications of temperature and haddock associations on survey abundance trends. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/21: 34 p.
- Smith, S.J.** and F.H. Page. 1994. Implications of temperature and haddock associations on survey abundance trends. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/21: 34 p.
- Smith, S.J.** and F.H. Page. 1994. Interannual trends in the association between cod and hydrographic variables: Implications for the management of the 4VsW cod stock. ICES C.M. Mini:3: 15 p.
- Smith, S.J.**, K.G. Waiwood and J.D. Neilson. 1994. Chapter 7. Survival analysis for size regulation of Atlantic halibut, pp. 125-144. [In:] N. Lange, L. Ryan, L. Billard, D. Brillinger, L. Conquest and J. Greenhouse [eds.], Case Studies in Biometry, John Wiley & Sons, Inc.
- Smith, S.J.**, R.J. Losier, F.H. Page and K. Hatt. 1994. Associations between haddock, and temperature, salinity and depth within the Canadian groundfish bottom trawl surveys (1970-1993) conducted in NAFO Divisions 4VWX and 5Z. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1959: vii + 70 p.
- Stephenson, R.L.**, M.J. Power, J.B. Sochasky, F.J. Fife and G.D. Melvin. 1994. Evaluation of the 1993 4WX herring fishery. DFO Atl. Res. Doc. 94/88: 50 p.
- Stephenson, R.L.**, S., Gavaris and D.E. Lane. 1994. The scale of management: an impediment to linking biological, social and economic considerations in management? ICES C.M. 1994/T:40: 6 p.
- Stobo, W.T.** and G.M. Fowler. 1994. Aerial surveys of seals in the Bay of Fundy and off southwest Nova Scotia. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1943: 57 p.
- Stobo, W.T.** and J.K. Horne. 1994. Tag loss in grey seals (*Halichoerus grypus*) and potential effects on population estimates. Can. J. Zool. 72: 555-561.
- Stone, H.H.** and B.M. Jessop. 1994. Feeding habits of anadromous alewives, *Alosa pseudoharengus*, off the Atlantic coast of Nova Scotia. Fish. Bull. U.S. 92: 157-170.
- Swain, D.P.** and Sinclair, A.F. 1994. Fish distribution and catchability : what is the appropriate measure of distribution. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 1046-1054.
- Swain, D.P.**, G.A. Nielsen, A.F. Sinclair and G.A. Chouinard. 1994. Changes in catchability of Atlantic cod (*Gadus morhua*) to an otter-trawl fishery and research survey in the southern Gulf of St. Lawrence. ICES J. Mar. Sci. 51: 493-504.
- Trippel, E.A.** and L.L. Brown. 1994. Assessment of pollock (*Pollachius virens*) in Divisions 4VWX and Subdivision 5Zc for 1993. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/67: 43 p.
- Trippel, E.A.**, and M.J. Morgan. 1994a. Age-specific paternal influences on reproductive success of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) of the Grand Banks, Newfoundland. ICES mar. Sci. Symp. 198: 414-422.
- Trippel, E.A.**, and M.J. Morgan. 1994b. Sperm longevity in Atlantic cod (*Gadus morhua*). Copeia 1994: 1025-1029.
- Zwanenburg, K.**, G.A.P. Black, B. Charlton, A.F. Sinclair and G. Young. 1994. Haddock in 4TVW in 1993. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 94/81.

## 1995

- Amos, D.**, J.-J. Maguire, R. O'Boyle, A. Parma, and A. Smith. 1995. West Coast Groundfish Assessments Review. Submitted to The Pacific Fishery Management Council. August 4, 1995. NMFS Document: 35p
- Annand, C.**, and A. Macdonald. 1995. A review of the 4VWX3NOPs halibut stock. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/44: 29 p
- Annand, C.**, and A. Macdonald. 1995. An update of the status of 4VW and 4X flatfish stocks. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/43: 89p
- Annand, C.**, and J. Hansen. 1995. Management activities for 1994 and early 1995 in the Scotia-Fundy Region. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/45: 33 p.

- Anon.** 1995. Workshop Report on Assessing East Coast of North America Groundfish: Initial Explorations of Biogeography and Species Assemblages. ECNASAP Documents. 33 p.
- Boness, D.J.,** W.D. Bowen and S.J. Iverson. 1995. Evidence of male harassment as a factor in the evolution of reproductive synchrony in the grey seal. *Behav. Ecol. Sociobio.* 36: 1-10.
- Campana, S.,** P. Fanning, M. Fowler, K. Frank, R. Halliday, T. Lambert, R. Mohn, S. Wilson, W. Stobo, M. Hanson and A. Sinclair. 1995. Report of the 4Vn Cod Working Group on the scientific value of a 4Vn cod (May-Oct) stock assessment. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/16: 110 p.
- Campana, S.E.** 1995. Expert age determination of 4Vw and 4X haddock otoliths by national and international laboratories. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/120.
- Campana, S.E.** and J.A. Gagne. 1995. Cod stock discrimination using ICPMS elemental assays of otoliths, pp 671-691. [In:] D.H. Secor, J.M. Dean and S.E. Campana [ed.]. Recent developments in fish otolith research. Univ. Of South Carolina Press., Columbia, S.C.
- Campana, S.E.,** J.A. Gagne and J.W. McLaren. 1995. Elemental fingerprinting of fish otoliths using ID-ICPMS. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 122: 115-120.
- Campana, S.E.,** M.C. Annand and J.I. McMillan. 1995. Graphical and statistical methods for determining the consistency of age determinations. *Trans. Am. Fish. Soc.* 124: 131-138.
- Campana, S.E.,** R.K. Mohn, S.J. Smith and G.A. Chouinard. 1995. Spatial implications of a temperature-based growth model for Atlantic cod (*Gadus morhua*) off the eastern coast of Canada. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 2445-2456.
- Chouinard, G.A.,** A.F. Sinclair, S.E. Campana, T.C. Lambert and J.M. Hanson. 1995. Biological, environmental and fishery science considerations for the management of Atlantic cod in 4T and 4Vn / Considérations biologiques, environnementales et halieutiques pour la gestion de la morue dans le 4T et 4Vn. *Can. Ind. Rep. Fish. Aquat. Sci. / Rapp. Can. ind. sci. halieut. aquat.* 227: vii, 45 p.
- Clark, D.,** E.A. Trippel, and L.L. Brown. 1995. Assessment of cod (*Gadus morhua*) in Division 4X in 1994. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/28: 27 p.
- Clark, D.S.,** E.A. Trippel, S. Gavaris and L.L. Brown. 1995. Assessment of cod in Division 4X in 1995: inception of the half-year sequential population analysis. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/102: 26 p.
- Clark, D.S.,** J.A. Brown, S.J. Goddard and J. Moir. 1995. Activity and feeding behaviour of Atlantic cod (*Gadus morhua*) in sea pens. *Aquaculture* 131: 49-57.
- Claytor, R.,** R. Jones, P. LeBlanc, L. Forsyth and G. Chapat. 1995. Assessment of the Atlantic salmon (*Salmo salar*) stock of the Margaree River, Nova Scotia, 1994. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/63: 71 p.
- Claytor, R.,** H. Dupuis, F. Mowbray, G. Nielsen, C. LeBlanc, L. Paulin, C. Bourque and C. MacDougall. 1995. Assessment of the NAFO 4T Southern Gulf of St. Lawrence herring stock, 1994. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/69: 136 p.
- Claytor, R.R.,** P. LeBlanc, R. Jones and G. Chapat. 1995. Status of gaspereau in the Margaree River 1993 and 1994. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/64: 35 p.
- Claytor, R.R.,** R. Jones, P. LeBlanc and G. Chapat. 1995. Mainland Gulf Nova Scotia Atlantic salmon (*Salmo salar*) stock status, 1994. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/15: 33 p.
- Dutil, J.D.,** Y. Lambert, G.A. Chouinard and A. Fréchet. 1995. Fish condition : what should we measure in cod (*Gadus morhua*)? DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/11: 16 p.
- Fowler, A.J.,** S.E. Campana, C.M. Jones and S.R. Thorrold. 1995. Experimental assessment of the effect of temperature and salinity on elemental composition of otoliths using solution-based ICPMS. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 1421-1430.
- Fowler, A.J.,** S.E. Campana, C.M. Jones and S.R. Thorrold. 1995. Experimental assessment of the effect of temperature and salinity on elemental composition of otoliths using solution-based ICPMS. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 1431-1441.
- Gavaris, S.,** and L. Van Eeckhaute. 1995. Assessment of haddock on eastern Georges Bank. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 96/6: 36 p.
- Halliday, R.G.** and K.J. Clark. 1995. The Scotia-Fundy groundfish hook and line fisheries: A digest of quantities and sizes landed, and comparisons with other gear types. Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2271: 179 p.
- Halliday, R.G.,** and K.J. Clark. 1995. The Scotia-Fundy Region groundfish hook and line fisheries: A digest of quantities and sizes landed, and comparisons with other gear types. Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2271: 179 p.
- Halliday, R.G.,** D.E. Themelis, C.E. Dale and G.D. Harrison. 1995. Oceanographic conditions off the Scotian Shelf during mesopelagic resource inventory cruises. Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2327: 303 p.
- Halliday, R.G.,** D.E. Themelis, C.E. Dale, and G.D. Harrison. 1995. Oceanographic conditions off the Scotian Shelf during mesopelagic resource inventory cruises, 1984-89. Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2327: 303 p.
- Hammill, M.O.,** M.S. Ryg, and B. Mohn. 1995. Consumption of cod by the Northwest Atlantic grey seal in eastern Canada, pp. 337-349. [In:] A.S. Blix, L. Walloe., and O. Ulltang [Eds.] Whales, Seals, Fish and Man. Elsevier Science B.V.
- Hanson, J.M.** 1995. Evaluation of the utility of summer trawl surveys (1990 to 1994) in the Shediac Valley (NAFO unit area 4T1) as an index of pre-recruit abundance for the southern Gulf of St. Lawrence cod. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/51: 19 p.
- Hanson, J.M.,** and S.C. Courtenay. 1995. Seasonal abundance and distribution of fishes in the Miramichi estuary. pp. 141-160. In Chadwick, E.M.P. (Ed.) Water, science and the public: the Miramichi ecosystem. 123:
- Hoey, J.J.,** J. Mejuto, M.J. Porter, H.H. Stone and Y. Uozumi.. 1995. An updated biomass index of abundance for North Atlantic swordfish, longline, 1963-93. *Int. Comm. Conserv. Atl. Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap., Madrid* 44: 187-196.
- Hurlbut, T.,** G. Chouinard, G. Nielsen, R. Hébert and D. Gillis. 1995. The status of white hake (*Urophycis tenuis*, Mitchell) in the southern Gulf of St. Lawrence (NAFO Division 4T) in 1994. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/41: 52 p.
- Hurlbut, T.,** G. Nielsen, R. Hebert and D. Gillis. 1995. The status of spiny dogfish (*Squalus acanthias*, Linnaeus) in the Southern Gulf of St. Lawrence (NAFO Division 4T). DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/42: 38 p.

- Hurley, P.C.F.**, G.A.P. Black, R. Mohn, and P. Comeau. 1995. Assessment of 4X haddock in 1994. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/29: 53 p.
- Iverson, S.J.**, Hamosh, M. And Bowen, W.D. 1995. Lipoprotein lipase activity and its relationship to high milk fat transfer during lactation in grey seals. J. Comp. Physiol. B 165: 384-395.
- Iverson, S.J.**, O.T. Oftedal, W.D. Bowen, D.J. Boness and J. Sampugna. In press. Prenatal and postnatal transfer of fatty acids from mother to pup in the hooded seal. J. Comp. Physiol. B 165: 1-12.
- Iverson, S.J.**, R.G. Ackman and W.T. Stobo. 1995. Application of fatty acid signature analysis in distinguishing nominally similar mixtures: An example based on seal and fish lipids. (Abst.) 86th American Oil Chemists' Society Annual Meeting. San Antonio, Texas. May 1995.
- Lane, D.E.** and R.L. Stephenson. 1995. A decision making framework for the development of management plans. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/80, 22 p.
- Lane, D.E.** and R.L. Stephenson. 1995. Fisheries Management Science: the framework to link biological, economic and social objectives in fisheries management. Aquat. Living Resour. 8: 215-221.
- Lane, D.E.** and R.L. Stephenson. 1995. Matching technical measures with multiple objectives through co-management. ICES C.M. 1995/S:11, 15 p.
- LeBlanc, C.**, and /et L. LeBlanc. 1995. The 1994 NAFO Division 4T Herring Gillnet Telephone Survey / Sondage téléphonique 1994 auprès des pêcheurs de hareng aux filets maillants de la zone 4T de l'OPANO. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/134: 37 p.
- LeBlanc, C.**, J. Dale and L. Mello. 1995. Distribution and acoustic backscatter of herring in NAFO division 4T, October 1994. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/128: 33 p.
- LeBlanc, C.**, L. Mello, H. Dupuis and J. Dale. 1995. Results of the December juvenile herring surveys from 1991 to 1994, and an overview of some other juvenile indices. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/135: 10 p.
- Lochmann, S.E.**, G.C. Maillet, K.T. Frank, and C.T. Taggart. 1995. Lipid class composition as a measure of nutritional condition in individual larval Atlantic cod. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 52: 1294-1306.
- Locke, A.**, F. Mowbray and R. Claytor. 1995. Status of Atlantic salmon in the Nepisiguit river, New Brunswick, 1954. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/130: 52 p.
- Locke, A.**, R. Claytor, C. Leblanc and G. Chaput. 1995. Status of American eels, *Anquilla rostrata* in the Gulf Region. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/79: 40 p.
- Marshall, C.T.**, and K.T. Frank. 1995. Density-dependent habitat selection by juvenile haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) on the southwestern Scotian Shelf. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 52: 1007-1017
- Melvin, G.D.** 1995. The recovery of Georges Bank herring. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2060. 117-122.
- Melvin, G.D.**, F.J. Fife, J.B. Sochasky, M.J. Power and R.L. Stephenson. 1995. The 1995 update on Georges Bank 5Z herring stock. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/86, 51 p.
- Morin, R.**, G. Chouinard, I. Forest-Gallant, R. Hébert and G. Nielsen. 1995. Status of witch under in NAFO Divisions 4RST. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/50: 29 p.
- Morin, R.**, G. Chouinard, I. Forest-Gallant, R. Hébert, T. Hurlbut, G. Nielsen, A. Sinclair and D. Swain. 1995. Status of American plaice in NAFO Division 4T, 1994. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/49: 37 p.
- Morin, R.**, I. Forest-Gallant, J.M. Hanson, R. Hebert and D. Swain. 1995. Status of winter flounder in NAFO Division 4T, 1994. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/60: 27 p.
- Neilson, J.D.** and E. Moksness. 1995. Session III Overview - Otoliths in studies of populations. P. 399-402, In: Recent Developments of Fish Otolith Research (Secor, D, Dean, J. And S. Campana [Eds.]) University of South Carolina Press, 735 p.
- Neilson, J.D.** and P. Perley. 1995. The 1994 assessment of pollock (*Pollachius virens*) in NAFO Divisions 4VWX and Subdivision 5Zc. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/30.
- Neilson, J.D.**, D. Clark, E. Trippel, C. Annand, R. Branton, P. Fanning, P. Hurley, J. McRuer, K. Zwanenburg. 1995. Survey update for selected Scotia-Fundy Groundfish stocks. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/113: 77 p.
- Nielsen, G. A.** 1995. Incorporating fixed and repeat sets in the stratified random survey for groundfish in the Southern Gulf of St. Lawrence. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2068: iii, 30 p.
- O'Boyle, R.** [Ed.] 1995. Regional Assessment Process (RAP) of the Maritimes (Scotia - Fundy) Region. Fall Meeting. Wandlynn Inn, Halifax. September 14-15, 1995. DFO Atl. Fish. Proceedings 95/3: 33 p.
- O'Boyle, R.** [Ed.] 1995. Report of the Workshop on Atlantic Demersal Community Structure. East Coast of North America Strategic Assessment Project. NOAA/DFO Report. 30 p.
- O'Boyle, R.** [Ed.] 1995. Scotia-Fundy Spring 1995 Stock Status Report for groundfish. DFO Atl. Fish. Stock Status Report 95/6: 156 p.
- O'Boyle, R.** [Ed.]. 1995. Scotia-Fundy Spring 1995 Stock Status Report for pelagics, invertebrates and marine mammals. DFO Atl. Fish. Maritimes Regional Stock Status Report 95/1: 60p
- O'Boyle, R.** [Ed.] 1995. Spring Regional Advisory Process of the Scotia-Fundy Region. DFO Atl. Fish. Proceedings. 95/1: 76p
- Patterson, K.** and G.D. Melvin. 1995. Integrated Catch at Age Analysis Version 1.2. Scottish Fish. Research Report, Aberdeen, Scotland. (In press)
- Porter, J.M.** 1995. National Report of Canada, 1993-94. Int. Comm. Conserv. Atl. Tunas, Rep. For Biennial Period 1994-95, Part I.
- Secor, D.H.**, J.M. Dean and S.E. Campana [ed.]. 1995. Introduction. Recent developments in fish otolith research. Univ. Of South Carolina Press, Columbia, S.C., 730 p.
- Secor, D.H.**, J.M. Dean and S.E. Campana. 1995. Introduction. Fish otoliths: faithful biological and environmental chronometers? P. Xxv-xxvii. [In:] D.H. Secor, J.M. Dean and S.E. Campana [ed.]. Recent developments in fish otolith research. Univ. Of South Carolina Press, Columbia, S.C.
- Shackell, N.L.**, K.T. Frank, W.T. Stobo and D. Brickman. 1995. Cod (*Gadus morhua*) growth between 1956 and 1966 compared to growth between 1978 to 1985 on the Scotian Shelf and adjacent areas. C.M. 1995/P:1. 18 p.
- Shelton, P.**, and A. Sinclair. 1995. Analysis of past replacement in the southern Gulf cod stock. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/40: 10 p.

- Sinclair, A.**, G. Chouinard, D. Swain, G. Nielsen, M. Hanson, L. Currie, T. Hurlbut and R. Hebert. 1995. Assessment of the southern Gulf of St. Lawrence cod stock, March 1995. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/39: 84 p.
- Sinclair, M.**, and K.T. Frank. 1995. Symposium summary in R.J. Beamish [Ed.] Climate Change and Northern Fish Populations. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 121: 735-739
- Smith, S.J.** [ed.] 1995. Update of information on the 4X haddock stock. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/101: 27 p.
- Stephenson, R.L.** and D.E. Lane. 1995. Fisheries Management Science: a plea for conceptual change. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52: 2051-2056.
- Stephenson, R.L.**, M.J. Power and G.D. Melvin. 1995. Use of larval herring surveys in assessment and in understanding herring dynamics in the western Atlantic. ICES C.M. 1995/H:29. 1-4.
- Stephenson, R.L.**, M.J. Power, J.B. Sochasky, F.J. Fife, G.D. Melvin, S. Gavaris, T.D. Iles, and F. Page. 1995. Evaluation of the stock status of 4WX herring. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/83: 71 p.
- Stobo, W.** 1995. Seals and seal issues in the Bay of Fundy. Pp 70-72. [In:] Percy, J.A., P.G. Wells and A. Evans [eds.]. Fundy Issues: Information update and workshop synthesis, Wolfville, Nova Scotia, Jan. 29-Feb. 1, 1996. Fundy Marine Ecosystem Science Project. 209 p.
- Stone, H.H.** and J.M. Porter. 1995. An age-specific CPUE for Canadian swordfish longline, 1988-93. Int. Comm. Conserv. Atl. Tunas, Coll. Vol. Sci. Pap., Madrid 44: 135-142.
- Strong, M.** and A. Hanke. 1995. Diversity of finfish species in the Scotia-Fundy Region. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2017: 114 p.
- Strong, M.**, and A. Hanke. 1995. Diversity of finfish species in the Scotia-Fundy Region. Canadian Technical Report of Fish. and Aquatic Sciences 2017: 114 p.
- Strong, M.B.**, E.A. Trippel, D.S. Clark, J.D. Neilson, and B.D. Chang. 1995. Potential impacts of the use of Acoustic Deterrent Devices (ADDs) on marine mammals in the Quoddy Region based on a study done in British Columbia waters. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95.
- Strong, M.B.**, E.A. Trippel, D.S. Clark, J.D. Neilson, and B.D. Chang. 1995. Potential impacts of the use of Acoustic Deterrent Devices (ADDs) on marine mammals in the Quoddy Region based on a study done in British Columbia waters. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95
- Subba Rao, D.V.**, Y. Pan and S.J. Smith. 1995. Allelopathy between *Rhizosolenia alata* (Brightwell) and the toxigenic *Pseudonitzschia pungens* f. Multiseries (Hasle), p. 681-686. [In:] P. Lassus, G. Arzul, E. Erard, P. Gentian and C. Marcaillou [ed.]. Harmful Marine Agal Blooms. Lavoisier Intercept Ltd.
- Swain, D.P.**, D.L. Kramer. 1995. Annual variation in temperature selection by Atlantic cod *Gadus morhua* in the Southern Gulf of St. Lawrence, Canada and its relation to population size. Mar. Ecol. Prog. Ser. 116:
- Swain, D.P.**, G.A. Nielsen and D.E. McKay. 1995. Incorporating depth-dependent differences in fishing efficiency among vessels in the research survey time series for Atlantic cod (*Gadus morhua*) in the Southern Gulf of St. Lawrence. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2317: iii, 20 p.
- Trippel, E.A.** 1995. Age at maturity as a stress indicator in fisheries. BioScience 45: 759-771.
- Trippel, E.A.**, and J. Conway. 1995. Harbour porpoise bycatch in the Bay of Fundy gillnet fishery. Scotia-Fundy Region, Project Summary, Industry Services and Native Fisheries, No. 48, February 1995.
- Trippel, E.A.**, J.J. Hunt, and J.-I. Buzeta. 1995. Evaluation of the cost of reproduction of Georges Bank Atlantic cod (*Gadus morhua*) using otolith backcalculation, pp. 599-616. In: S.E. Campana, D.H. Secor, and J.M. Dean [Eds.] Fish Otolith Research and Application. University of South Carolina Press, Columbia, SC.

## DIVISION DES SCIENCES DE LA MER

### 1994

#### Primeurs

- Anderson, L.G.**, G. Bjork, O. Holby, E.P. Jones, G. Kattner, K.P. Koltermann, B. Liljeblad, R. Lindegren, B. Rudels, and J. Swift. 1994. Water masses and circulation in the Eurasian Basin: Results from the

Oden 91 Expedition. J. Geophysical Research, 99, 3273-3283.

**Brock, J.C.**, S. Sathyendranath, and T. Platt. 1994. A model study of seasonal mixed-layer primary production in the Arabian Sea. Proceedings of the Indian Academy of Sciences (Earth and Planetary Sciences) 103(2): 163-176.

**Castonguay, M.**, P.V. Hodson, C. Moriarty, K.F. Drinkwater and B.M. Jessop. 1994. Is There a Role of Ocean Environment in American and European Eel Decline? Fish. Oceanogr. 3: 197-203.

**Clarke, R.A.** 1994. The Interaction of the Sub Polar and Sub Tropical Gyres to the South and East of the Grand Banks of Newfoundland. Program and Abstracts, 28th Canadian Meteorological and Oceanographic Congress, May 30-June 3, 1994. Abstract only, p. 6.

**Cochrane, N.A.**, D.D. Sameoto and D.J. Belliveau. 1994. Temporal Variability of Euphausiid Concentrations in a Nova Scotia Shelf Basin Using a Bottom-mounted Acoustic Doppler Current Profiler. Mar. Ecol. Prog. Ser., 107: 55-66.

**Colbourne, E.**, S. Narayanan, and S. Prinsenberg. 1994. Climatic Changes and Environmental Conditions in the Northwest Atlantic, 1970-1993. ICES Mar Sci. Sympos. 198: 311-322.

**Dessureault, J.-G.** and R.A. Clarke. 1994. A System to Collect Temperature and Salinity Profiles from Vessels Underway. Special Proceedings, IEEE Oceans 94, Brest, France, September 1994, I397-I401.

**Dobson, F.W.** and P. W. Vachon. 1994. The Grand Banks ERS-1 SAR Wave Spectra Validation Experiment: Program Overview and Data Summary. Atmos.-Ocean, Vol. 32, No. 1, 7-29.

**Dobson, F.W.**, S. D. Smith and R. J. Anderson. 1994. Measuring the Relationship Between Wind Stress and Sea State in the Open Ocean in the Presence of Swell. Atmos.-Ocean Vol. 32, No. 1, 237-256.

**Drinkwater, K.F.** and K.T. Frank. 1994. Effects of River Regulation and Diversion on Marine Fish and Invertebrates. Aquat. Conserv.: Mar. Freshwater Ecosys. 4: 135-151.

**Drinkwater, K.F.** 1994. The Response of an Open Stratified Bay to Wind Forcing. Atmosphere-Ocean. Atmosphere-Ocean 32: 757-781.

**Garcia, C.M.**, F. J. Gomez, J. Rodriguez, B. Bautista, M. Estrada, J. Gasol, F. G.



- Figueiras, F. Guerrero, F. J. Montes, W.K.W. Li, J.M. Lopez Diaz, R. Margalef, G. Santiago, and M. Varela. 1994. The size structure and functional composition of ultraplankton and nanoplankton at a frontal station in the Alboran Sea. Working groups 2 and 3 report. *Scientia Marina*, 58: 43-52.
- Head, E.J.H.**, B.T. Hargrave, D.V. Subba Rao. 1994. Accumulation of a phaeophorbide a-like pigment in sediment traps during the late stages of a spring bloom: A product of dying algae? *Limnology and Oceanography*, 39: 176-181.
- Head, E.J.H.**, L.R. Harris. 1994. Feeding selectively by copepods grazing on natural mixtures of phytoplankton determined by HPLC analysis of pigments. *Marine Ecology Progress Series* 110: 75-83.
- Jones, E.P.** and L.G. Anderson. 1994. Hudson-Bay-Foxe Basin: Water Masses, Circulation and Productivity. *Atmosphere-Ocean*, 32, 361-374.
- Katsaros, K.B.**, J. DeCosmo, R.J. Lind, R.J. Lind, R.J. Anderson, S.D. Smith, C. Kraan, W. Oost, K. Uhlig, P.G. Mestayer, S.E. Larsen, M.H. Smith and G. deLeeuw. 1994. Measurements of Humidity and Temperature in the Marine Environment During the HEXOS Maine Experiment. *J. Atmos. Ocean. Tech.* 11, 964-981.
- Kepkay, P.E.** 1994. Particle aggregation and the biological reactivity of marine colloids. Abstracts of the American Chemical Society: GEOC 177 (invited review).
- Kepkay, P.E.**, S.E.H. Niven, and T.G. Milligan. 1994. Particle aggregation and the biological reactivity of colloids. Review. *Marine Ecology Progress Series* 109: 293-304.
- Lazier, J.R.N.** 1994. Observations in the Northwest Corner of the North Atlantic Current. *J. Phys. Oceanogr.* Vol. 24, No. 7, 1449-1463.
- Li, W.K.W.** 1994. Phytoplankton biomass and chlorophyll concentration across the North Atlantic. *Scientia Marina*, 58: 67-79.
- Li, W.K.W.** 1994. Primary production of prochlorophytes, cyanobacteria and eucaryotic ultraphytoplankton: Measurements from flow cytometric sorting. *Limnology and Oceanography*, 39: 169-175.
- List, R.**, Z. Guoguang and B. Greenan. 1994. The effect of roughness and shape on the heat and mass transfer of hailstones. 6th WMO Scientific Conf. on Weather Modification, Siena, Italy, 30 May to 4 June 1994, 101-103.
- Mann, K.H.** and K.F. Drinkwater. 1994. Environmental Influences on Fish and Shellfish Production in the Northwest Atlantic. *Environ. Rev.* Vol. 2, pp. 16-32.
- Naimie, C.**, J. W. Loder and D. R. Lynch. 1994. Seasonal Variation of the Three-dimensional Residual Circulation on Georges Bank. *J. Geophys. Res.*, Vol. 99, No. C8, pp. 15,967-15,989.
- Oost, W.A.**, C.W. Fairall, J. B. Edson, S. D. Smith, R. J. Anderson, J. A.B. Wills, K. B. Katsaros and J. DeCosmo. 1994. Flow Distortion Calculations and Their Application in HEXMAX. *J. Atmos. and Oceanic Tech.*, Vol. 11, pp. 366-386.
- Platt, T.**, and S. Sathyendranath. 1994. Scale, pattern and process in marine ecosystems. In: *Aquatic Ecology: Scale, Pattern and Process.* (Eds: P.S. Giller, A.G. Hildrew, and D.G. Raffaelli) (34th Symposium of the British Ecological Society). Blackwell Scientific Publications, London, 593-599.
- Platt, T.**, S. Sathyendranath, G.N. White III, and P. Ravindran. 1994. Attenuation of light by phytoplankton in a vertically-structured ocean: Solutions and applications. *Journal of Plankton Research* 16: 1461-1487.
- Platt, T.**, J.D. Woods, S. Sathyendranath, and W. Barkmann. 1994. Net primary production and stratification in the ocean. *Geophysical Monographs* 85: 247-254.
- Ridderinkhof, H.** and J. W. Loder. 1994. Lagrangian Characterization of Circulation over Submarine Banks with Application to the Outer Gulf of Maine. *J. Phys. Oceanogr.* 24, 1184-1200.
- Sameoto, D.**, J. Neilson, and D. Waldron. 1994. Zooplankton prey selection by juvenile fish in a Nova Scotian Shelf basin. *Journal of Plankton Research* 16: 1003-1019.
- Sandstrom, H.** and N.S. Oakey. 1994. Decay of Internal Solitary Waves and a Comparison of Timescales of Dissipation and Dispersion. Preprints of the 4th Intl. Symposium on Stratified Flows, Session A6-41.
- Sandstrom, H.** and C. Quon. 1994. On Time-dependent, Two-layer Flow Over Topography. II. Evolution and Propagation of Solitary Waves. *Fluid Dynamics Res.* 13, Pp. 197-215.
- Sathyendranath, S.**, F.E. Hoge, T. Platt, and R.N. Swift. 1994. Detection of phytoplankton pigments from ocean colour: Improved algorithms. *Applied Optics* 33(5): 1081-1089.
- Sathyendranath, S.**, and T. Platt. 1994. New production and mixed-layer physics. *Proceedings of the Indian Academy of Sciences (Earth and Planetary Sciences)* 103(2): 177-188.
- Smith, P. C.**, C.L. Tang, J. I. MacPherson and R. F. McKenna. 1994. Investigating the Marginal Ice Zone on the Newfoundland Shelf. *Eos, Transactions, American Geophys. Union*, Vol. 75, No. 06, Feb. 08, 1994, pp. 57, 60-62.
- Stocker, T. F.**, W.S. Broecker, Daniel G. Wright. 1994. Carbon Uptake Experiments with a Zonally-averaged Global Ocean Circulation Model. *Tellus*, 46B, pp. 103-122.
- Tang, C.L.** and D.J. Belliveau. 1994. Vertical Structure of Currents on the Northern Grand Bank — A View from a Bottom Mounted Acoustic Doppler Current Profiler. *Continental Shelf Res.* Vol. 14, No. 12, pp. 1331-1347.
- Tang, C.L.** 1994. The Newfoundland Marginal Ice Zone. In *Sea-ice, Observations and Modelling*, 3-10, China Ocean Press, Beijing.
- Tee, K.T.** 1994. Dynamics of Two-Dimensional Topographic Rectification Process. *Journal of Physical Oceanography*, Vol. 24, NO. 2, 443-465.
- Topliss, B.J.**, T.H. Guymer and A. Viola. 1994. Radar and Infrared Measurements of a Cold Eddy in the Tyrrhenian. *Int. J. Rem. Sens.* 15, 6, 1173-1188.
- Topliss, B.J.** 1994. Can Interannual Variations in Stratospheric Ozone be Observed in the Marine Environment? *Int. J. of Climatology* 14, 1115-1133.
- Tremblay, M.J.**, J.W. Loder, F.E. Werner, C.E. Naimie, F.H. Page and M.M. Sinclair. 1994. Drift of Sea Scallop Larvae on Georges Bank: a Model Study of the Roles of Mean Advection, Larval Behavior and Larval Origin. *Deep-Sea Res. II*, vol. 41(1), pp. 7-49.
- Ulloa, O.**, S. Sathyendranath, and T. Platt. 1994. Effect of the particle—size distribution on the backscattering ratio in seawater. *Applied Optics* 33(30): 7070-7077.
- VanHaren, H.**, N. Oakey, C. Garrett. 1994. Measurements of Internal Wave Band Eddy Fluxes Above a Sloping Bottom. *J. Marine Res.*, 52, 909-946.

1995

**Primeurs**

- Andreas, E.L.**, J.B. Edson, E.C. Monahan, M.P. Rouault and S.D. Smith. 1995. The Spray Contribution to Net Evaporation from the Sea: A Review of Recent Progress. *Boundary-Layer Meteorol.* 72, 3-52.
- Burridge, L.E.** and K. Haya. 1995. A Review of Di-n-Butylphthalate in the Aquatic Environment: Concerns Regarding its Use in Salmonid Aquaculture. *J. World Aquaculture Soc.* Vol. 26, No. 1, March 1995.
- Buscail, R.**, R. Pocklington and C. Germain. 1995. Seasonal Variability of the Organic Matter in a Sedimentary Coastal Environment: Sources, Degradation and Accumulation (Continental Shelf of the Gulf of Lions - Northwestern Mediterranean Sea). *Cont. Shelf Res.* Vol. 15, No. 7, pp. 843-869.
- Chou, C.L.** and J.F. Uthe. 1995. Thallium, Uranium and  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  Ratios in the Digestive Gland of American Lobster (*Homarus americanus*) from an Industrialized Harbour. *Bull. of Environm. Contam. and Toxicol.* 54: 1-7.
- Dobson, F. W.**, Stuart D. Smith, and Robert J. Anderson. 1995. Reply. *J. Phys. Oceanogr.*, vol. 25, no. 8, 1908-1909.
- Greenan, B.J.W.**, and R. List. 1995. Experimental closure of the heat and mass transfer theory of spheroidal hailstones. *J. Atmos. Sci.*, Vol 52, 3797-3815.
- Han, G.**, C.G. Hannah, J.W. Loder, D.A. Greenberg and P.C. Smith. 1995. Seasonal variation of the three-dimensional circulation over the eastern Scotian and southern Newfoundland shelves. p. 32-33. In: Program and Abstracts, 29th Annual Congress of the Canadian Meteorological and Oceanographic Society, Kelowna, B.C. (Abstract only).
- Holladay, J. S.** 1995. Analysis of Electromagnetic/Laser Data Over the Newfoundland Shelf in 1992. *Can. Contr. Rep. Hydrogr. and Ocean Sciences* 44: v + 318 pp.
- Li, W.K.W.** 1995. Composition of ultraphytoplankton in the central North Atlantic. *Marine Ecology Progress Series*, 122:1-8.
- Li, W.K.W.**, J.F. Jellet and P.M. Dickie. 1995. DNA Distributions in Planktonic Bacteria Strained with ToTo or To-Pro. *Limnol. Oceanogr.* 40: 1485-1495.
- Longhurst, A.**, S. Sathyendranath, T. Platt and C. Caverhill. 1995. An estimate of global primary production in the ocean from satellite radiometer data. *Journal of Plankton Research.* 17(6):1245-1271.
- Narayanan, S.**, J. Carscadden, J.B. Dempson, M.F. O'Connell, S. Prinsenber, D.G. Reddin and N. Shackell. 1995. Marine Climate off Newfoundland and its Influence on Atlantic Salmon (*Salmo salar*) and Capelin (*Mallotus villosus*), p. 461-474. In: R.J. Beamish (ed.) *Climate Change and Northern Fish Populations.* *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 121.
- Niven, S.E.H.**, P.E. Kepkay and A. Boraie. 1995. Colloidal organic carbon and colloidal  $^{234}\text{Th}$  dynamics during a coastal phytoplankton bloom. *Deep-Sea Research II*: 42: 257-273. - Journal volume dedicated to aggregation in aquatic systems.
- Perrie, W.** and L. Wang. 1995. A Coupling Mechanism for Wind and Waves. *J. Phys. Oceanography*, Vol. 25, No. 4., pp. 615-630.
- Perrie, W.** and B. Toulany. 1995. The Response of Ocean Waves to Turning Winds. *J. Phys. Oceanography.* Vol. 25, No. 6, Part I. pp. 1116-1129.
- Perrie, W.** and L. Wang. 1995. On the Determination of Friction Velocity ( $U_*$ ). 1995. *J. Physical Oceanography*, Vol. 25, No. 9, September 1995.
- Perrie, W.** and B. Toulany. 1995. Relating Friction Velocity to Spectral Wave Parameters. *J. Phys. Oceanogr.*, Vol. 25, No. 2, pp. 266-279.
- Platt, T.**, S. Sathyendranath, and A. Longhurst. 1995. Remote sensing of primary production in the ocean: Promise and fulfillment. *Philosophical Transactions of the Royal Society.* London. Series B. 348: 191-202.
- Sandstrom, H.**, N.S. Oakey. 1995. Dissipation in Internal Tides and Solitary Waves. *J. Phys. Oceanogr.* 25, 604-614.
- Tang, C.L.**, D. Belliveau, A.M. Mahon and P.L. Stewart. 1995. Ice/Snow Thickness Measuring System, *Sea Technology*, 36, pp. 39-45.
- Ulloa, O.**, T. Platt and S. Sathyendranath. 1995. Determinacion de la productividad primaria mediante informacion satelital. In: K. Alveal, M.E. Ferrario, E.C. Oliveira & E. Sar, editors, "Manual de Metodos Ficológicos", pp. 375-384. Universidad de Concepcion, Concepcion, Chile.
- Umoh, J.U.**, J.W. Loder and B. Petrie. 1995. The role of air-sea heat fluxes in annual and interannual ocean temperature variability on the eastern Newfoundland Shelf. *Atmos.-Ocean* 33, 531-568.
- Wright, D.G.**, C.B. Vreugdenhil and T.M.C. Hughes. 1995. Vorticity Dynamics and Zonally Averaged Ocean Circulation Models. *J. Physical Oceanography*, Vol. 25, No. 9, 2141-2154.
- Yacobi, Y.Z.**, T. Zohary, N. Kress, A. Hecht, R.D. Robarts, M. Waiser, A.M. Wood, W.K.W. Li. 1995. Chlorophyll distribution throughout the southeastern Mediterranean in relation to the physical structure of the water mass. *Journal of Marine Systems*, 6:179-190.

**Interprétation**

- Hannah, C.G.** and D.G. Wright. 1995. Depth Dependent Analytical and Numerical Solutions for Wind-driven Flow in the Coastal Ocean. In: *Quantitative Tests of Coastal Ocean Models*, eds. D.R. Lynch and A.M. Davies, American Geophysical Union, Washington, D.C., 510 pp.
- Sameoto, D.**, and N. Cochrane. 1995. Changes in population size of Scotian shelf euphausiids and silver hake during 1984-1994 measured by multi-frequency acoustics. *ICES Symp. Fish. and Plank. Acoustics: Session. 1/186.*
- Sameoto, D.** 1995. State of plankton for SW Grand Banks to Gulf of Maine 1961 to 1993. *DFO Atlantic Fisheries Proceedings* 95/1.
- Sameoto, D.**, and N. Cochrane, 1995. Changes in population size of Scotian shelf euphausiids and silver hake during 1984-1994 measured by multi-frequency acoustics. *ICES Symp. Fish. and Plank. Acoustics: Session. 1/186.*
- Topliss, B.J.** and T.M. Guymer. 1995. Marine Winds from Scatterometers. In: *Oceanographic Applications of Remote Sensing*. Editors M. Ikeda
- Wright, D.G.**, J.R.N. Lazier and R.A. Clarke. 1994. The Ocean's Role in the Climate System. In: *Science Review 1992 & 1993.* Anna Fiander (ed.) Produced by Technographics, BIO.

**Scientifique et technique**

- Anderson, R.J.** and S.D. Smith. 1994. Report of the ASGASEX '94 Workshop, Oct. 3-5, 1994, KNMI, DeBilt the Netherlands, (In W.A. Oost (Ed.), *Technical Rep. TR-174*, Royal Netherlands Met. Inst., pp.

- 9-10.  
**Azetsu-Scott, K.**, B. Johnson and B. Petrie. 1995. An Intermittent, Intermediate Nepheloid Layer in Emerald Basin, Scotian Shelf. *Cont. Shelf Res.* 15, 281-293.
- Dobson, F.W.**, S.D. Smith and R.J. Anderson. 1995. Open-ocean measurements of the Wind Stress-sea State Relationship. Preprints vol. p. 171-176, PERD supported, Published by Environment Canada. 4th International Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting, Banff, Alberta, Oct. 16-20.
- Dobson, F.W.**, P.W. Vachon and R.J. Anderson. 1995. Use of RADARSAT SAR for Observations of Ocean Winds and Waves: Validation with ERS-1 SAR and SIR-C/X-SAR. PERD supported. Published by Environment Canada. 4th International Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting, Banff, Alberta, Oct. 16-20. Preprints vol., p225-233.
- Drinkwater, K.F.**, R.G. Pettipas, W.M. Petrie. 1995. Overview of Meteorological and Sea Ice Conditions off eastern Canada in 1994. S-F DFO Atl. Fisheries Res. Doc. 95/18, 26 pp.
- Drinkwater, K.F.**, R.G. Pettipas, W.M. Petrie. 1995. Overview of Physical Oceanographic Conditions in the Scotia-Fundy Region in 1994. S-F DFO Atl. Fisheries Res. Doc. 95/19, 25 pp.
- Greenan, B.J.W.**, and S.J. Prinsenberg. 1995. Sea ice response to wind forcing on the Labrador shelf. 29th Annual Congress Canadian Meteorological and Oceanographic Society, Kelowna, Canada, May 29-June 2, 1995, p.64.
- Hamilton, J. M.** 1995. The Application of Ship Motion Data in a Computer Model Evaluation and a Research Vessel Motion Intercomparison. *Can. Tech. Rept. Hydrogr. & Oc. Sci.* 165, vi + 41 pp.
- Hannah, C.G.**, Y. Shen, J.W. Loder and D.K. Muschenheim. 1995. bblt: Formulation and exploratory applications of a benthic boundary layer transport model. *Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* 166: vi + 52 pp.
- Holladay, J. S.** 1995. Analysis of Electromagnetic/Laser Data over the Newfoundland Shelf in 1992. *Can. Contr. Rept. Hydrogr. Oc. Sci* 44, v + 318 pp.
- Misra, R.F.**, I.J. Davies, N.H.F. Watson and J.F. Uthe. 1995. Investigation of Temporal Variations in Relative Abundance of Macroinvertebrates in Lake 224 of the Experimental Lakes Area by a Multivariate Method. *Can. Tech. Rept. Fish. Aquat. Sci.* 2026: vii + 26 pp.
- Trites, R.W.** and L. Petrie. 1995. Physical Oceanographic Features of Letang Inlet Including Evaluation and Results from a Numerical Model. *Can. Tech. Rept. Hydrogr. Oc. Sci.* 163, iv + 55 pp.
- Wright, D.G.**, T.F. Stocker and D. Mercer. A Low Order Model for Paleoclimate Studies. Manual and Model Code. University of Bern Internal Report. 475 pp.
- Divers**
- Clarke, R.A.** and J.-G. Dessureault. 1995. A new instrument for measuring temperature and salinity profiles from underway vessels. Program and Abstracts, 29th Canadian Meteorological and Oceanographic Congress, May 29 to June 2, 1995. Abstract only.
- Clarke, R.A.**, J.-G. Dessureault and G. Lebas. 1995. Upper ocean profiling from vessels while underway. *Sea Technology Magazine*, 36(2), 35-40, February 1995.
- Donelan, M.A.**, F.W. Dobson, S.D. Smith and R.J. Anderson. 1995. Reply to comments on "The Dependence of Sea-surface Roughness on Wave Development. *J. Phys. Oceanogr.*, v25, no.8.
- Han, G.**, C.G. Hannah, J.W. Loder, D.A. Greenberg and P.C. Smith. 1995. Seasonal variation of the three-dimensional circulation over the eastern Scotian and southern Newfoundland Shelves. p. 32-33. In: Program and Abstracts, 29th Annual Congress of the Canadian Meteorological and Oceanographic Society, Kelowna, B.C. (Abstract only).
- Hannah, C.G.**, J.W. Loder and Y. Shen. 1995. Shear dispersion in the benthic boundary layer. In: Abstracts of the ASCE 4th International Conference on Estuarine and Coastal Modelling. (Abstract only).
- Hannah, C.G.**, Y. Shen, J.W. Loder and D.K. Muschenheim. 1995. bblt: Formulation and exploratory applications of a benthic boundary layer transport model. *Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci.* 166: vi + 52 pp.
- Hannah, C.G.**, J.W. Loder and D.K. Muschenheim. 1995. A model for suspended sediment transport in the benthic boundary layer. p. 96. In: Program and Abstracts, 29th Annual Congress of the Canadian Meteorological and Oceanographic Society, Kelowna, B.C. (Abstract only).
- Hannah, C.G.**, D.A. Greenberg, J.W. Loder and Z. Xu. 1995. Seasonal baroclinic circulation in the Scotia-Maine and Grand Bank regions. p. 105. In: Program and Abstracts, 29th Annual Congress of the Canadian Meteorological and Oceanographic Society, Kelowna, B.C. (Abstract only).
- Hendry, R.M.** and R.A. Clarke. 1995. Near-surface Circulation in the Newfoundland Basin. Program and Abstracts, 29th Annual Congress, Canadian Meteorological and Oceanogr. Society. (Abstract only).
- Kepkay, P.E.** and S.E.H. Niven. 1995. Respiration and the size-fractionated carbon-to-nitrogen ratio of a phytoplankton bloom. Abstracts of the 1996 Ocean Sciences Meeting. Invited Paper.
- Polzin, K.L.**, N.S. Oakey, J.M. Toole, R.W. Schmitt. 1995. On the Relative Strength of Wave/Wave and Wave/Mean Flow Interactions. PS-14.S02 IAPSO XXI General Assembly (Abstract Only).
- Tang, C.L.**, Q. Gui and I. Peterson. 1995. Modeling The Mean Circulation of the Labrador and Newfoundland Shelves. 29th CMOS Congress, May 29 to June 2, 1995, Kelowna. (Abstract)
- Tang, C.L.** and Q. Gui. 1995. A 3-D Diagnostic Model of the Labrador and Newfoundland Shelves. 29th CMOS Congress, May 24 to June 2, 1995, Kelowna. (Abstract).
- Wang, L.**, W. Perrie, B. Toulany, J. Yang, J. Mailhot, V. Lee, L. Wilson, and R. Lalbeharry. Relating Marine Winds to Ocean Wave Forecast Models. Proc. 4th Int'l Waves Workshop. Banff, Alberta.
- Wilson, L.**, R. Lalbeharry, J. Mailhot, V. Lee, W. Perrie, L. Wang, B. Toulany. 1995. Towards a Consistent Boundary Layer Formulation in Operational Atmospheric and Wave Models. Proc. 4th Int'l Waves Workshop. Banff, Alberta.
- Interprétation scientifique**
- Cochrane, N.**, and D.D. Sameoto, 1994. Monitoring euphausiid concentrations in LaHave Basin using bottom-mounted acoustics. Science Review of the Bedford Institute of Oceanography, the Halifax Fisheries Research Laboratory, and the St. Andrews Biological Station, 1992 & '93, 40-42.

- Drinkwater, K.F.** 1994. The Response of an Open Stratified Bay to Wind Forcing. *Atmosphere-Ocean*, 32: 757-781.
- Gammelsrød, T., L.G. Anderson, E. Fogelqvist, A. Foldvik, E.P. Jones, O.A. Nøst, K. Olsson, Ø. Skagseth, T. Tanhua, and S. Østerhus.** 1994. Distribution of water masses over the continental shelf in the southern Weddell Sea. In: *The Polar Oceans and Their Role in Shaping the global Environment: The Nansen Centennial Volume*, ed O. M. Johannessen, R. D. Muench, and J. E. Overland
- Harrison, W.G.** 1994. Biological properties and processes in the North Atlantic: ocean basin-scale studies. *CJGOFs Newsletter*.
- Herman, A.W.** 1994. Emerging Technologies in Biological Sampling. UNESCO Technical Papers in Marine Science - SCOR Working Group 90, pp. 1-48. Marine Sciences Publications, UNESCO, Paris.
- Petrie, B., K. Drinkwater and P. Yeats.** 1994. Ocean Climate Variations for the Canadian East Coast: A Simple Model with an Update for 1993. *DFO Atlantic Fish. Res. Doc. 94/17*, 28 pp.
- Prinsenberg, S.J. and I.K. Peterson.** 1994. Interannual Variability in Atmosphere and Ice Cover Properties Along Canada's East Coast for 1962 to 1992. In: *Proceedings of the 12th Intl. Symp. on Ice, IAHR94*, Vol. 1: 372-381.
- Rodriguez, J., and W.K.W. Li. (Editors).** 1994. The size structure and metabolism of the pelagic ecosystem. *Scientia Marina*, Volume 58, Numbers 1-2.
- Rudels, B., E.P. Jones, L.G. Anderson, and G. Kattner.** 1994. On the intermediate depth waters of the Arctic Ocean. In: *The Polar Oceans and Their Role in Shaping the global Environment: The Nansen Centennial Volume*, ed O. M. Johannessen, R. D. Muench, and J. E. Overland.
- Wright, D.G., J.R.N. Lazier and R.A. Clarke.** 1994. The Ocean's Role in the Climate System. In: *Science Review 1992 & 1993*. Anna Fiander (ed.) Produced by Technographics, BIO.
- Scientifique et technique**
- Anderson, R.J. and S.D. Smith.** 1994. A System for Logging and Processing Air-sea Interaction Data. In W.A. Oost (Ed.), *Report of the ASGASEX '94 Workshop*, Oct. 3-5, 1994, KNMI, DeBilt the Netherlands, Technical Rep. TR-174, Royal Netherlands Met. Inst., pp. 9-10.
- Bugden, G., B. Petrie and K. Drinkwater.** 1994. Temperature Distributions at the Entrance to the Gulf of St. Lawrence. *AFSRC Working paper 94/95*. 7 pp.
- Clarke, R.A.** 1994. World Ocean Circulation Experiment (WOCE): Improving Oceanographic Data Quality and Data Exchange. In: *Proceedings of the Workshop on Canadian Climate System Data*, Quebec, Canada, May 16-18, 1994. Canadian Climate program, AES, Downsview, Canada, pp. 21-28.
- Cong, L.Z. and M. Ikeda.** 1994. Variational Assimilation of Simulated Geosat Altimeter Data into a Two-layer Quasi-geostrophic Model. *Can. Tech. Report of Hydrography and Ocean Sciences 161*, vii + 55 pp.
- Drinkwater, K.F.** 1994. Overview of environmental conditions in the Northwest Atlantic in 1993. *DFO Atlantic Fish. Res. Doc. 94/11*, 52 p.
- Drinkwater, K.F.** 1994. Climate and oceanographic variability in the Northwest Atlantic during the 1980s and early-1990s. *NAFO SCR Doc. 94/71*, 39 p.
- Drinkwater, K.F.** 1994. Environmental changes in the Labrador Sea and some effects on fish stocks. *ICES C.M. 1994/Mini:4*, 19 p.
- Drinkwater, K.F. and R.G. Pettipas.** 1994. On the physical oceanographic conditions in the Scotia-Fundy region in 1993. *DFO Atlantic Fish. Res. Doc. 94/37*, 31 p.
- Drinkwater, K.F. and T.L. Wright.** 1994. On the 1961-90 monthly means of selected meteorological and oceanographic datasets and their comparison with 1951-80 means. *AFSRC Working Paper 94/35*. 39 p.
- Drinkwater, K.F., R.A. Myers, R.G. Pettipas and T.L. Wright.** 1994. Climatic Data for the Northwest Atlantic: The Position of the Shelf/Slope Front and the Northern Boundary of the Gulf Stream Between 50 W and 75 W, 1973-1992. *Data Rept. Fish. & Oc. Sci. 125*: iv + 103 pp.
- Drinkwater, K.F., B. Petrie and S. Narayanan.** 1994. Overview of environmental conditions in the Northwest Atlantic in 1991. *NAFO Sci. Coun. Studies 20*: 19-46.
- Drinkwater, K.F. and G.L. Bugden.** 1994. Variability in the position of the Shelf/Slope front near the mouth of the Laurentian Channel. *DFO Atlantic Fish. Res. Doc. 94/10*, 11 p.
- Drinkwater, K.F.** 1994. Overview of environmental conditions in the Northwest Atlantic in 1993. *NAFO SCR Doc. 94/20*, 61 p.
- Drinkwater, K.F.** 1994. Environment-4VsW cod recruitment relationships. *DFO Atlantic Fish. Res. Doc. 94/63*, 9 p.
- Drinkwater, K.F. and G.L. Bugden.** 1994. On the interannual variability of ice conditions in the vicinity of Cabot Strait. *DFO Atlantic Fish. Res. Doc. 94/9*, 13 p.
- Greenberg, D. A.** 1994. Model Progression in the Gulf of Maine. In: *Gulf of Maine Circulation Model Workshop Proceedings*, RGOM Report 94-1, Edited by Eugenia Braasch, Dartmouth College, Hanover, N.H.
- Gregory, D. and B. Petrie.** 1994. A Classification Scheme for Estuaries and Inlets. *Coastal Zone Canada '94, Cooperation in the Coastal Zone: Conference Proceedings*. P. Wells and P. Ricketts, (eds.) vol. 5, 1884-1893.
- Herman, A.W.** 1994. Emerging Technologies in Biological Sampling. UNESCO Technical Papers in Marine Science - SCOR Working Group 90, pp. 1-48. Marine Sciences Publications, UNESCO, Paris.
- Li, W.K.W., and J.F. Jellet.** 1994. Flow cytometric analysis of marine bacteria stained with TO-PRO. Presentation at the NATO Advanced Study Institute on "Molecular Ecology of Aquatic Microbes".
- McKeown, D.L.** Autonomous Underwater Vehicle R & D: Future directions ECOR Working Group on Marine Robotics, May 1994.
- Milligan, T.G.** 1994. Suspended and Bottom Sediment Grain Size Distributions in Letang Inlet, N.B., October 1990. *Can. Tech. Rep. Hydrogr. & Oc. Sci. 156*: iv + 51 pp.
- Petrie, B., K. Drinkwater and P. Yeats.** 1994. Ocean Climate Variations For The Canadian East Coast: A Simple Model With An Update For 1993. *DFO Atlantic Fish. Res. Doc. 94/17*, 28 P.
- Rowell, T.W., M. Chin-Yee, G. Steeves, W.P. Vass, D.P. Reimer, D.L. McKeown and R. Vine.** 1994. Sampling of the Continental Shelf Benthos: Innovative Technology Developed Under the NCSP and AFAP Programs, Symposium on the Biology and Ecology of Northwest Atlantic Cod, St. John's, Nfld, Oct. 1994.
- Rowell, T.W., P. Schwinghamer, K.**

- Gilkinson, D.C. Gordon Jr., E.Hartgers, M. Hawryluk, D.L. McKeown, J. Prena, W.P. Vass and P. Woo. 1994. Investigating the Impact of Otter Trawling on Benthic Communities of the Grand Bank, ICES Working Group on the Ecosystem Effects of Fishing Activities and the Benthos Ecology Working Group, April, 1994.
- Smith, S.D.**, K.B. Katsaros, W.A. Oost and P.G. Mestayer. 1994. The Impact of the HEXOS Programme. Preprints, Second International Conference on Air-Sea Interaction and on Meteorology and Oceanography of the Coastal Zone, Lisbon, Portugal, Sept. 22-27, 1994, pp 226-227. (American Meteorol. Soc., Boston).
- Smith, S.D.**, R.J. Anderson, O. Hertzman and M-C. Bourque. 1994. Eddy Correlation Measurements of CO<sub>2</sub> flux at the Sea Surface in ASGASEX. Preprints, Second International Conference on Air-Sea Interaction and on Meteorology and Oceanography of the Coastal Zone, Lisbon, Portugal, Sept. 22-27, 1994, pp 250-251. (American Meteorol. Soc., Boston).
- Smith, S.D.** and R.J. Anderson. 1994. BIO Analysis of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O Flux in ASGASEX '93. In W.A. Oost (Ed.), Report of the ASGASEX '94 Workshop, Oct. 3-5, 1994, KNMI, DeBilt the Netherlands, Technical Rep. TR-174, Royal Netherlands Met. Inst., pp. 17-21.
- Tang, C.L.**, B.M. DeTracey, Q.Y. Gui, and R. Lively. 1994. CASP II Sea-ice and Oceanographic Observations March-April 1992. Can. Data Rept. Hydrogr. & Oc. Sci. 128: vi + 146 pp.
- Divers**
- Anderson, L.G.**, E.P. Jones and B. Rudels. 1994. Tracing the Circulation of the Low "NO Waters in the Eurasian Basin of the Arctic Ocean. Proceedings of the ACSYS Meeting, Göteborg, Sweden, November 7-10, 1994.
- Clarke, R.A.** 1994. The Interaction of the Sub Polar and Sub Tropical Gyres to the South and East of the Grand Banks of Newfoundland. Program and Abstracts, 28th Canadian Meteorological and Oceanographic Congress, May 30-June 3, 1994. Abstract only, p. 6.
- Daugharty, D.A.** and J.W. Loder (eds.) 1994. Program of Abstracts for the 27th Annual Congress of the Canadian Meteorological and Oceanographic Society, Fredericton, N.B. iii + 130 pp.
- Dessureault, J.-G.** and R.A. Clarke. 1994. A System to Collect Temperature and Salinity Profiles from Vessels Underway. Special Proceedings, IEEE Oceans 94, Brest, France, September 1994, I397-I401.
- Gershey, R.M.** and E.P. Jones. 1994. Distributions of Halocarbons and Total Inorganic Carbon in the Labrador Sea: Interannual Variability 1986-1993. Proceedings of the 1994 Ocean Sciences Meeting, Eos, 75, 182.
- Gui, Q.** and C.L. Tang. 1994. A Coupled Ice-Ocean Model for the Labrador Pack Ice. 28th CMOS Congress, May 30-June 3, 1994, Ottawa. (Abstract)
- Han, G.**, C.G. Hannah, J.W. Loder, D.A. Greenberg and P.C. Smith. 1995. Seasonal variation of the three-dimensional circulation over the eastern Scotian and southern Newfoundland shelves. p. 32-33. In: Program and Abstracts, 29th Annual Congress of the Canadian Meteorological and Oceanographic Society, Kelowna, B.C. (Abstract only).
- Hannah, C.G.** and J.W. Loder. 1994. Seasonal variation of the baroclinic circulation in the Scotia-Maine region. In: Meeting Abstracts, 7th Bienn. Intern. Confer. Phys. Estuar. Coastal Seas. Woods Hole, 28-30 November 1994. (Abstract only).
- Holladay, J.S.**, C.J. Stewart and S.J. Prinsenberg. 1994. Operational Real-Time Airborne Electromagnetic Measurement of Sea Ice Thickness. Presented at 2nd Thematic Conf. on Remote Sensing for Marine and Coastal Environments, Feb. 1994, New Orleans, Louisiana, 12 pp.
- Ikeda, M.** and S.J. Prinsenberg. 1994. Intercomparison of ERS-1 SAR, Airborne SLAR and Electro-magnetic Ice-Thickness Data. Proceed. 2nd ERS-1 Symposium - Space at the Service of our Environment. ESA SP-361: 309-310.
- Jones, E.P.** 1994. Arctic Ocean water masses and circulation: An overview based on the 1991 expedition of IB Oden. Proceedings of the Conference on the Dynamics of the Arctic Climate System, Göteborg, Sweden, November 7-10, 1994.
- Lalumiere, L.** J.R. Rossiter and S.J. Prinsenberg. 1994. Airborne Snow Thickness Radar. Presented at 5th Int. Conf. on Ground Penetrating Radar, June 1994, Kitchener, Ont. 16 pp.
- Loder, J.W.**, G. Gawarkiewicz and B. Petrie. 1994. The coastal ocean of north-eastern North America: Cape Hatteras to Hudson Strait. In: Abstracts of First Coasts Workshop. Coastal Ocean Advanced Science and Technology Study, Liege, 5-9 May 1994. (Abstract only).
- Loder, J.W.**, C.G. Hannah, D.A. Greenberg, G. Han and P.C. Smith. 1994. Annual variation of hydrography and circulation on the Atlantic Canadian shelf. p. 30. In: Symposium on the Biology and Ecology of Northwest Atlantic Cod, St. John's, 24-28 October 1994. (Abstract only).
- Narayanan, S.** and S.J. Prinsenberg. 1994. Still Too Cold in the Northwest Atlantic. Climatic Perspectives, May 1994: 9-12.
- Prinsenberg, S.J.** and I.K. Peterson. 1994. Interannual Variability in Atmosphere and Ice Cover Properties Along Canada's East Coast for 1962 to 1992. In: Proceedings of the 12th Intl. Symp. on Ice, IAHR94, Vol. 1: 372-381.
- Rudels, B.**, L.G. Anderson and E.P. Jones. 1994. Winter Convection and Seasonal Sea-ice Melt above the Arctic Ocean Thermocline. Proceedings of the ACSYS Meeting, Göteborg, Sweden, November 7-10, 1994.
- Tang, C.L.** and D.J. Belliveau, 1994. Vertical Structure of Currents on the Northern Grand Bank: A View From a Bottom Mounted Acoustic Doppler Current Profiler. 28th CMOS Congress, May 30 - June 3, 1994, Ottawa, (Abstract)
- Tang, C.L.** and D. Belliveau. 1994. An Ice Snow Monitoring System. US/Canada Joint Ice Working Group Meeting, May 18-19, 1993, Dartmouth, pp. U1-U3. (Abstract)

## RESSOURCES

### NATURELLES CANADA

### COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA (Atlantique)

#### 1994

**Amos, C.L.**, K. Bentham, K. Choung, R. Currie, K. Muschenheim, T. Sutherland and J. Zevenhuizen. 1994. C.S.S. Hudson Cruise 93016, Sable Island Bank, Scotian Shelf: a multidisciplinary survey of the

- Cohasset development region. Geological Survey of Canada, Open File 2897:94 p.
- Amos, C.L.**, A.J. Gibson, V. Partridge, A. Atkinson and F. Jodrey. 1994. MV *Navicula* cruise - Miramichi Bay, New Brunswick. Geological Survey of Canada, Open File 2939:87 p.
- Amos, C.L.** and A.J. Gibson. 1994. The stability of dredge material at dumpsite B, Miramichi Bay, New Brunswick, Canada. Geological Survey of Canada, Open File 3020, 1 map; Geophysical, Sidescan Mosaic (1:12,000):216 p.
- Andrews, J.T.**, J.P. Syvitski, L.E. Osterman, K.M. Williams, W.N. Mode, J.E. Kravitz and W.W. Locke III. 1994. Quaternary geology of Sunneshine Fiord (Baffin Island). Geological Survey of Canada, Open File 3004.
- Asprey, K.W.**, J.P.M. Syvitski, J.T. Andrews and J.A. Dowdeswell. 1994. CANAM-PONAM cruise HU93030: west Iceland to east Greenland. Geological Survey of Canada, Open File 2824:153 p.
- Avery, M.P.** 1994. Vitrinite reflectance (Ro) of dispersed organics from eleven Scotian Shelf wells. Geological Survey of Canada, Open File 2902:39 p.
- Avery, M.P.** 1994. Vitrinite reflectance (Ro) of dispersed organics from eight Grand Banks wells. Geological Survey of Canada, Open File 2467:21 p.
- Avery, M.P.** 1994. Vitrinite reflectance (Ro) of dispersed organics from thirteen Scotian Shelf wells. Geological Survey of Canada, Open File 3115:39 p.
- Bekkers, R.** and J. Zevenhuizen. 1994. Compilation of Atlantic Geoscience Centre shallow bedrock drill core - northern Gulf of St. Lawrence. Geological Survey of Canada, Open File 2865, 4 maps; Base, Bathymetric (1:1,000,000):127 p.
- Boutillier, R.R.** and C.E. Keen. 1994. Geodynamic models of fault-controlled extension. *Tectonics* 13 (2):439-454.
- Buckley, D.E.**, W.G. MacKinnon, R.E. Cranston and H.A. Christian. 1994. Problems with piston core sampling: mechanical and geochemical diagnosis. *Marine Geology* 117 (1/4):95-106.
- Buckley, D.E.** 1994. 25 years of environmental assessment of coastal estuarine systems: lessons for environmental quality management. In: Coastal Zone Canada '94, Cooperation in the Coastal Zone: Conference Proceedings, Volume 3. Zone côtière Canada '94, coopération dans la zone côtière: actes de la conférence, Volume 3. :1304-1340.
- Centre for Cold Ocean Resources Engineering.** 1994. Marine resistivity (MICRO-WIP) survey, Richards Island, Beaufort Sea. Geological Survey of Canada, Open File 2879, 11 maps; Location, Survey Location (1:50,000):118 p.
- Christian, H.A.**, P.A. Monahan and J.V. Barrie. 1994. Deep hole geotechnical investigation adjacent to the BC Hydro Canoe Pass submarine cable terminal, Fraser River Delta, British Columbia. Geological Survey of Canada, Open File 2861:72 p.
- Christian, H.A.**, D.J. Woeller, I. Weemess and P.K. Robertson. 1994. Use of SASW and SCPT to evaluate liquefaction potential of the Fraser delta foreslope, Vancouver, British Columbia. In: Proceedings of the 47th Canadian Geotechnical Conference. :166-175.
- Christian, H.A.**, T. Mulder, R.C. Courtney, D.C. Mosher, J.V. Barrie, R.G. Currie, H.W. Olynyk and P.A. Monahan. 1994. Slope instability on the Fraser River delta foreslope, Vancouver, British Columbia. In: Proceedings of the 47th Canadian Geotechnical Conference. :155-165.
- Dromart, G.**, C. Gaillard and L.F. Jansa. 1994. Deep-marine microbial structures in the Upper Jurassic of western Tethys. In: Phanerozoic Stromatolites II. :295-318.
- Fader, G.B.J.**, R.O. Miller and S.S. Pecore. 1994. Sample control, anchor marks, anthropogenic features and lacustrine sediments of Halifax Harbour. Geological Survey of Canada, Open File 2958, 10 maps; Geological, Sediments (1:10,000):32 p.
- Feetham, M.** 1994. Assessment of sand content of cores from the Scotian Shelf as a proxy record of Holocene storminess. Geological Survey of Canada, Open File 3019:30 p.
- Flood, R.D.**, D.J.W. Piper and R.O. Kowsmann. 1994. Drilled cores divulge history of continental and oceanic paleoclimate. *Eos, Transactions of the American Geophysical Union* 75 (38):435-437.
- Gibling, M.R.**, D.L. Marchioni and W.D. Kalkreuth. 1994. Detrital and organic facies of Upper Carboniferous strata at Mabou Mines, western Cape Breton Island, Nova Scotia. In: Eastern Canada and national and general programs. Est du Canada et programmes nationaux et généraux. Geological Survey of Canada, Current Research 1994-D:51-56.
- Giles, P.S.** and G. Lynch. 1994. Stratigraphic omission across the Ainslie Detachment in east-central Nova Scotia. In: Eastern Canada and national and general programs. Est du Canada et programmes nationaux et généraux. Geological Survey of Canada, Current Research 1994-D:89-94.
- Gradstein, F.M.**, F.P. Agterberg, J.G. Ogg, J. Hardenbol, P. van Veen, J. Thierry and Z. Huang. 1994. A Mesozoic time scale. *Journal of Geophysical Research* 99 (B12):24051-24076.
- Grant, A.C.** 1994. Aspects of seismic character and extent of Upper Carboniferous Coal Measures, Gulf of St. Lawrence and Sydney basins. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 106 (1-4):271-285.
- Hardy, I.A.** 1994. Rosetta stones from the deep. In: Proceedings of the 4th International Conference on Geoscience Information (GeoInfo IV), volume 1. Comptes-rendus de la 4e conférence internationale de l'information géoscientifique (GeoInfo IV), volume 1. Geological Survey of Canada, Open File 2315:358-368.
- Hein, F.J.** 1994. A preliminary report on the stratigraphy and petrography of coarse clastic facies, Horton Group (Upper Devonian-Lower Carboniferous), Lake Ainslie map area, Cape Breton Island, Nova Scotia. Geological Survey of Canada, Current Research 1994-E:211-218.
- Hodgson, D.A.**, R.B. Taylor and J.G. Fyles. 1994. Late Quaternary sea level changes on Brock and Prince Patrick Islands, western Canadian Arctic archipelago. *Géographie physique et Quaternaire* 48 (1):69-84.
- Huang, Z.**, M.A. Williamson, M.G. Fowler and K.D. McAlpine. 1994. Predicted and measured petrophysical and geochemical characteristics of the Egret Member oil source rock, Jeanne d'Arc Basin, offshore eastern Canada. *Marine and Petroleum Geology* 11

- (3):294-306.
- Huang, Z.**, J. Shimeld and M. Williamson. 1994. Application of computer neural network and fuzzy set logic to petroleum geology, offshore eastern Canada. Geological Survey of Canada, Current Research 1994-E:243-250.
- Katsube, T.J.** and M. Williamson. 1994. Shale petrophysics and basin charge modelling. In: Eastern Canada and national and general programs. Est du Canada et programmes nationaux et généraux. Geological Survey of Canada, Current Research 1994-D:179-188.
- Keen, C.E.**, R.C. Courtney, S.A. Dehler and M.-C. Williamson. 1994. Decompression melting at rifted margins: comparison of model predictions with the distribution of igneous rocks on the eastern Canadian margin. Earth and Planetary Science Letters 121 (3/4):403-416.
- Keen, C.E.**, R. Potter and S. P. Srivastava. 1994. Deep seismic reflection data across the conjugate margins of the Labrador Sea. Canadian Journal of Earth Sciences 31 (1):192-205.
- Lentin, J.K.**, R.A. Fensome and G.L. Williams. 1994. The stratigraphic importance of species of *Sumatradinium*, *Barssidinium*, and *Erymnodinium*, Neogene dinoflagellate genera from offshore eastern Canada. Canadian Journal of Earth Sciences 31 (3):567-582.
- Lewis, C.F.M.**, T.C. Moore, Jr, D.K. Rea, D.L. Dettman, A.M. Smith and L.A. Mayer. 1994. Lakes of the Huron Basin: their record of runoff from the Laurentide Ice Sheet. Quaternary Science Reviews 13 (9-10):891-922.
- Li, M.Z.**, C.L. Amos, J. Zevenhuizen, D.E. Heffler, B. Wile and G. Drapeau. 1994. Hydrodynamics and seabed stability observations on Sable Island Bank - AGC/LASMO joint program: a summary of the data for 1993/94. Geological Survey of Canada, Open File 2949:113 p.
- Liverman, G. D.E.**, D. L. Forbes and R. A. Boger. 1994. Coastal monitoring on the Avalon Peninsula. In: Current research. Newfoundland and Labrador Mineral Development Division, Report 94-01:17-27.
- Luternauer, J.L.**, J.V. Barrie, H.A. Christian, J.J. Clague, R.W. Evoy, B.S. Hart, J.A. Hunter, P.G. Killeen, R.A. Kostaschuk, R.W. Mathewes, P.A. Monahan, T.F. Moslow, C.J. Mwenifumbo, H.W. Olynyk, R.T. Patterson, S.E. Pullan, M.C. Roberts, P.K. Robertson, M.R. Tarbotton and D.J. Woeller. 1994. Fraser River delta: geology, geohazards and human impact. In: Geology and geological hazards of the Vancouver region, south-western British Columbia. Geological Survey of Canada, Bulletin 481:197-220.
- MacLean, B.**, B.D. Loncarevic, I. Hardy, R.G.B. Brown, R.A. Daigneault, M. Day, M.W. Kerwin and W.F. Manley. 1994. Cruise report, CSS *Hudson* - Hudson Strait, Ungava Bay, eastern Canadian Arctic. Geological Survey of Canada, Open File 2818:135 p.
- Macnab, R.**, P. Moir, G. Oakey, D. Vardy, K. Usow and J. Verhoef. 1994. Bathymetric and topographic shaded relief north of 64°. Geological Survey of Canada, Open File 2900, 2 maps; Physiographic, Bathymetric (1:22,964,286).
- Macnab, R.** 1994. Canada and Article 76 of the Law of the Sea: defining the limits of Canadian resource jurisdiction beyond 200 nautical miles in the Atlantic and Arctic oceans. Geological Survey of Canada, Open File 3209:41 p.
- Marillier, F.**, J. Hall, S. Hughes, K. Loudon, I. Reid, B. Roberts, R. Clowes, T. Coté, J. Fowler, S. Guest, H. Lu, J. Luetgert, G. Quinlan, C. Spencer and J. Wright. 1994. Lithoprobe East onshore-offshore seismic refraction survey-constraints on interpretation of reflection data in the Newfoundland Appalachians. In: Seismic reflection probing on the continents and their margins. Tectonophysics 232 (1/4):43-58.
- McKillop, K.** and J. Zevenhuizen. 1994. Annotated bibliography Esquiman Channel, northeastern Gulf of St. Lawrence and western Newfoundland. Geological Survey of Canada, Open File 2864:33 p.
- Michaud, Y.** and D. Frobel. 1994. Aerial video survey of the southeastern Hudson Bay coastline. Geological Survey of Canada, Open File 2895:35 p.
- Miller, R.O.** and G.B.J. Fader. 1994. Cruise report, C.S.S. *Navicula* 90-038 Cape St Marys to Country Island, October 9-25, 1990. Geological Survey of Canada, Open File 2805, 1 map; Surficial Geology, Lithological (1:30,000):18 p.
- Monahan, D.** and R. Macnab. 1994. Status of mapping for Article 76 in Canadian waters. In: Proceedings of the Law of the Sea, Article 76 Workshop, mapping the continental shelf limit: legal/technical interface. :89-114.
- Moore, T.C.**, Jr, D.K. Rea, L.A. Mayer, C.F.M. Lewis and D.M. Dobson. 1994. Seismic stratigraphy of Lake Huron-Georgian Bay and postglacial lake level history. Canadian Journal of Earth Sciences 31 (11):1606-1617.
- Mukhopadhyay, P.K.**, J.A. Wade and M.A. Williamson. 1994. Measured versus predicted vitrinite reflectance from Scotian Basin wells: implications for predicting hydrocarbon generation-migration. In: Vitrinite reflectance as a maturity parameter: applications and limitations. American Chemical Society Symposium Series 570:230-248.
- Parrott, D.R.** 1994. Sidescan sonar survey of the Liverpool offshore dumpsites, 13-16 May 1994. Geological Survey of Canada, Open File 3248:17 p.
- Pe-Piper, G.** and D.J.W. Piper. 1994. Miocene magnesian andesites and dacites, Evia, Greece: adakites associated with subducting slab detachment and extension. Lithos 31 (3/4):125-140.
- Pe-Piper, G.** and I. Koukouvelas. 1994. Earliest Carboniferous plutonism, western Cobequid Highlands, Nova Scotia. In: Eastern Canada and national and general programs. Est du Canada et programmes nationaux et généraux. Geological Survey of Canada, Current Research 1994-D:103-107.
- Pe-Piper, G.**, D.J.W. Piper, K. Parlee and D.S. Turner. 1994. Geology of the headwaters of the River Philip, Cobequid Highlands. Geological Survey of Canada, Open File 2887, 1 map; Geological, Bedrock Geology (1:10,000):34 p.
- Pe-Piper, G.**, L.F. Jansa and Z. Palacz. 1994. Geochemistry and regional significance of the Early Cretaceous bimodal basalt-felsic associations on Grand Banks, eastern Canada. Geological Society of America Bulletin 106 (10):1319-1331.
- Piper, D.J.W.** 1994. Late Devonian-earliest Carboniferous basin formation and relationship to plutonism, Cobequid Highlands, Nova Scotia. In: Eastern Canada and national and general programs. Est du

- Canada et programmes nationaux et généraux. Geological Survey of Canada, Current Research 1994-D:109-112.
- Piper, D.J.W.** and N. Kontopoulos. 1994. Bed forms in submarine channels: comparison of ancient examples from Greece with studies of recent turbidite systems. *Journal of Sedimentary Research A64* (2):247-252.
- Piper, D.J.W.**, P.J. Mudie, A.E. Aksu and K.I. Skene. 1994. A 1 Ma record of sediment flux south of the Grand Banks used to infer the development of glaciation in southeastern Canada. *Quaternary Science Reviews* 13 (1):23-37.
- Pogrebitsky, Y.E.**, V.N. Shimaraev, V.V. Verba, J. Verhoef, R. MacNab, J. Kisabeth and G. Jorgensen. 1994. Magnetic anomaly map of Russia and adjacent land and marine areas. Geological Survey of Canada, Open File 2639, 1 map; Geophysical, Magnetic Anomaly (1:10,000,000).
- Rea, D.K.**, T.C. Moore, Jr, T.W. Anderson, C.F.M. Lewis, D.M. Dobson, D.L. Dettman, A.J. Smith and L.A. Mayer. 1994. Great Lakes paleohydrology: complex interplay of glacial meltwater, lake levels and sill depths. *Geology* 22 (12):1059-1062.
- Reid, I.D.** 1994. Crustal structure of a nonvolcanic rifted margin east of Newfoundland. *Journal of Geophysical Research* 99 (B8):15161-15180.
- Ross, D.** 1994. International communication, collaboration and cooperation. In: National geological surveys in the 21st century: proceedings of the International Conference of Geological Surveys. Geological Survey of Canada, Miscellaneous Report 55:169-170.
- Ross, W.C.**, B.A. Halliwell, J.A. May, D.E. Watts and J.P.M. Syvitski. 1994. Slope readjustment: a new model for the development of submarine fans and aprons. *Geology* 22 (6):511-514.
- Salem, H.S.** 1994. The electric and hydraulic anisotropic behavior of the Jeanne d'Arc basin reservoirs. *Journal of Petroleum Science & Engineering* 12:49-66.
- Shaw, J.**, R.B. Taylor, D.L. Forbes, M.-H. Ruz and S. Solomon. 1994. Sensitivity of the Canadian coast to sea-level rise. Geological Survey of Canada, Open File 2825, 1 map; Location, Survey Location (1:6,000,000):117 p.
- Shaw, J.**, D.L. Forbes, D.E. Beaver and B.D. Wile. 1994. Cruise Report 93-303, marine geological surveys in Dingle Bay, County Kerry, southwest Ireland. Geological Survey of Canada, Open File 2980, 1 map; Location, Survey Track (1:50,000):40 p.
- Sherin, A.G.** and I.A. Hardy. 1994. What value old data? Revisited. In: Proceedings of the 4th International Conference on Geoscience Information (GeoInfo IV), volume 1. Comptes-rendus de la 4e conférence internationale de l'information géoscientifique (GeoInfo IV), volume 1. Geological Survey of Canada, Open File 2315:39-47.
- Smith, J.E.** 1994. Late Quaternary climatic reconstruction using the deep-water coral *Dismophyllum cristigalli*. Geological Survey of Canada, Open File 2950:113 p.
- Solomon, S.M.**, D.L. Forbes and B. Kierstead. 1994. Coastal impacts of climate change: Beaufort Sea erosion study. Geological Survey of Canada, Open File 2890:85 p.
- Solomon, S.M.** 1994. Monitoring coastal change along the Canadian Beaufort Sea: report on the field activities, August, 1994. Geological Survey of Canada, Open File 3009:22 p.
- Sonnichsen, G.V.**, K. Moran, C.F.M. Lewis and G.B.J. Fader. 1994. Regional seabed geology and engineering considerations for Hibernia and surrounding areas. *Energy Exploration and Exploitation* 12 (4):325-345.
- Stea, R.**, R. Boyd, G. B. J. Fader, R. C. Courtney, D. B. Scott and S. S. Pecore. 1994. Morphology and seismic stratigraphy of the inner continental shelf off Nova Scotia, Canada: evidence for a -65 m lowstand between 11,650 and 11,250 C14 yr B.P.. *Marine Geology* 117, 4 maps; Location, Seismic Lines Location (1:2,000,000):135-154.
- Stephenson, R.A.**, K.C. Coflin, L.S. Lane and J.R. Dietrich. 1994. Crustal structure and tectonics of the southeastern Beaufort Sea continental margin. *Tectonics* 13 (2):389-400.
- Syvitski, J.P.** and J.T. Andrews. 1994. Marine geology of Maktak Fiord (Baffin Island). Geological Survey of Canada, Open File 2987.
- Syvitski, J.P.M.**, S.J. Hinds and J.A. Burns. 1994. Marine geology of Tshenuamiu-Shipu Delta (Labrador). Geological Survey of Canada, Open File 2836, 37 maps; Hydrographic, Bathymetric (1:50,000).
- Thomas, F.C.** 1994. Preliminary Cenozoic micropaleontological biostratigraphy of 15 wells, Jeanne d'Arc Basin, Grand Banks of Newfoundland. Geological Survey of Canada, Open File 2799:54 p.
- Thomas, F.C.** 1994. Cenozoic foraminiferal assemblages of the Hibernia area, Grand Banks of Newfoundland and paleoecological implications. In: Eastern Canada and national and general programs. Est du Canada et programmes nationaux et généraux. Geological Survey of Canada, Current Research 1994-D:1-12.
- Van Der Meer, J.J.M.** and G.S. Boulton. 1994. Geomorphological map, McBeth-Itirbilung Fjords, Baffin Island. Geological Survey of Canada, Open File 2826, 1 map; Surficial Geology, Geomorphological (1:63,000).
- Wade, J.A.** and L.F. Jansa. 1994. Preliminary interpretation of sub-North Mountain Basalt strata, Dark Harbour, Grand Manan Island, New Brunswick. Geological Survey of Canada, Current Research 1994-E:227-231.
- Wightman, W.G.**, A.C. Grant and T.A. Rehill. 1994. Paleontological evidence for marine influence during deposition of the Westphalian Coal Measures in the Gulf of St. Lawrence-Sydney Basin region, Atlantic Canada. In: Eastern Canada and national and general programs. Est du Canada et programmes nationaux et généraux. Geological Survey of Canada, Current Research 1994-D:41-50.
- Williams, H.**, R. Macnab and K.G. Shih. 1994. Major structural features of southeastern Canada and the Atlantic Continental Margin portrayed in regional gravity and magnetic maps. Principaux éléments structuraux du sud-est du Canada et de la marge continentale de l'Atlantique tels que représentés sur des cartes gravimétriques et magnétiques régionales. Geological Survey of Canada, Paper 90-16, 2 maps; Geophysical, Gravity Surveys (1:3,000,000):21 p.
- Williamson, M.-C.**, R.C. Courtney, C.E. Keen and S.A. Dehler. 1994. Relationship between crustal deformation and magmatism in rift zones: modelling



- approach and applications to the eastern Canadian margin. Geological Survey of Canada, Current Research 1994 - E:251-258.
- Winters, G.V.,** R.E. Cranston, R.A. Fitzgerald and K.W.G. Leblanc. 1994. Geochemical data obtained from analyses of sediments and pore waters obtained from cores collected on Albatross Slope, St. Pierre Slope, Flemish Cap and near the *Titanic* wreck; *Hudson* Cruise 91-020. Geological Survey of Canada, Open File 2903:233 p.
- Zevenhuizen, J.** and E. King. 1994. Surficial and shallow bedrock marine geology maps, Esquiman Channel-northeastern Gulf of St. Lawrence. Geological Survey of Canada, Open File 2863, 36 maps; Geological, Isopachs (1:250,000):31 p.
- Zevenhuizen, J.,** C.L. Amos, K. Asprey, Y. Michaud, M.-H. Ruz, T.F. Sutherland and C. Tremblay. 1994. The sediment budget of Manitounuk Sound, southeastern Hudson Bay. Geological Survey of Canada, Open File 2941:113 p.
- 1995**
- Amos, C.L.,** R. Ivaldi and E. Gomez. 1995. *J.L. Hart* Cruise (95-140), Northumberland Strait, N.B., 23 May-6 June 1995. Geological Survey of Canada, Open File 3176:102 p.
- Amos, C.L.,** M. Brylinsky, S. Lee and D. O'Brien. 1995. Littoral mudflat stability monitoring the Humber estuary, S. Yorkshire, England, LISPUK - April 1995. Geological Survey of Canada, Open File 3214:150 p.
- Anderson, C.** 1995. A two-dimensional, time-dependent sediment transport model of Sable Island Bank using SEDTRANS92. Geological Survey of Canada, Open File 2359:109 p.
- Asudeh, I.,** S. Dehler, D. Forsyth, R. Jackson, F. Marillier, I. Reid, R. Cartwright, D. Heffler, R. Schieman and D. Sharon. 1995. Seismic data from the Canadian Patrol Frigate Shock Trial CPF Trial Series #825. Geological Survey of Canada, Open File 3110:78 p.
- Azetsu-Scott, K.,** B.D. Johnson and B. Petrie. 1995. An intermittent, intermediate nepheloid layer in Emerald Basin, Scotian Shelf. *Continental Shelf Research* 15 (2/3):281-293.
- Bogdanov, Y.A.,** O.Y. Bogdanova, A.V. Dubinin, A. Gorand, A.I. Gorshkov, E.G. Gurvich, A.B. Isaeva, G.V. Ivanov, L.F. Jansa and A. Monaco. 1995. Composition of ferromanganese crusts and nodules at northwest Pacific guyots and geologic and paleoceanographic considerations. In: Northwest Pacific atolls and guyots. Proceedings of the Ocean Drilling Program: Scientific Results 144:745-768.
- Brown, J.P.** 1995. Halokinetic controls on the sedimentary architecture of the Inverness Formation, western Cape Breton Island, Nova Scotia. In: Eastern Canada and national and general programs. Est du Canada et programmes nationaux et généraux. Geological Survey of Canada, Current Research 1995-D:39-43.
- Buckley, D.E.,** J.N. Smith and G.V. Winters. 1995. Accumulation of contaminant metals in marine sediments of Halifax Harbour, Nova Scotia: environmental factors and historical trends. *Applied Geochemistry* 10 (2):175-195.
- Bujak Davies Group.** 1995. Oil-based drilling mud and its effect on microfossils and organic material. In: Oil-based mud and its impact on geochemistry, microfossils and organic material. Geological Survey of Canada, Open File 3008:3.1-3.146.
- Chian, D.,** C. Keen, I. Reid and K.E. Loudon. 1995. Evolution of nonvolcanic rifted margins: new results from the conjugate margins of the Labrador Sea. *Geology* 23 (7):589-592.
- Christian, H.A.,** T. Mulder and R.C. Courtney. 1995. Seabed slope instability on the Fraser River Delta, Vancouver, British Columbia, Canada. Geological Survey of Canada, Open File 2412:1 p.
- Covill, B.,** D.L. Forbes, R.B. Taylor and J. Shaw. 1995. Photogrammetric analysis of coastal erosion and barrier migration near Chezzetcook Inlet, Eastern Shore, Nova Scotia. Geological Survey of Canada, Open File 3027.
- Davies, E.H.** 1995. Oil-based drilling mud and its effect on microfossils and organic material, phase II. In: Oil-based mud and its impact on geochemistry, microfossils and organic material. Geological Survey of Canada, Open File 3008:2.1-2.105.
- Fader, G.B.J.** 1995. The marine geological setting and seabed impacts of the 1917 explosion of the *Mont Blanc* in Halifax Harbour. Geological Survey of Canada, Open File 3045:62 p.
- Forbes, D.L.,** S.M. Solomon and D. Frobél. 1995. Report of 1992 coastal surveys in the Beaufort Sea. Geological Survey of Canada, Open File 3053:53 p.
- Forbes, D.L.,** R.A. Covill, R.D. Feindel and M.J. Batterson. 1995. Preliminary assessment of coastal erosion between Port au Port and Stephenville, St. George's Bay, west Newfoundland. Geological Survey of Canada, Open File 3082:49 p.
- Fowler, M.G.** and K.D. McAlpine. 1995. The Egret Member, a prolific Kimmeridgian source rock from offshore eastern Canada. In: Petroleum source rocks. Casebooks in Earth Sciences:111-130.
- Grant, A.C.** 1995. *Hudson* 94-027 Cruise Report. Geological Survey of Canada, Open File 2999:64 p.
- Grigelis, A.** and P. Ascoli. 1995. Middle Jurassic-Early Cretaceous foraminiferal zonation and paleoecology of offshore Eastern Canada and the East European Platform. Geological Survey of Canada, Open File 3099:25 p.
- Hall, J.,** R.J. Wardle, C.F. Gower, A. Kerr, K. Coflin, C.E. Keen and P. Carroll. 1995. Proterozoic orogens of the north-eastern Canadian Shield: new information from the Lithoprobe ECSOOT crustal reflection seismic survey. *Canadian Journal of Earth Sciences* 32 (8):1119-1131.
- Hardy, I.A.,** D.E. Beaver and S. Merchant. 1995. An index to samples and geophysical records collected by the Atlantic Geoscience Centre for fiscal year 1992-1993. Geological Survey of Canada, Open File 3083:179 p.
- Hart, B.S.,** T.S. Hamilton, J.V. Barrie and D.B. Prior. 1995. Seismic stratigraphy and sedimentary framework of a deep-water Holocene delta: the Fraser delta, Canada. In: *Geology of deltas*. :167-178.
- Hein, F.J.** and A.M. Arnott. 1995. Petrography of coarse clastic facies, Fisset Brook Formation and Horton Group (Upper Devonian-Lower Carboniferous), Lake Ainslie and Margaree map areas, Cape Breton Island, Nova Scotia. In: *Current research 1995-E*. Recherches en cours 1995-E. Geological Survey of Canada, Current Research 1995-E:293-300.

- Jansa, L.F.** and A. Arnaud Vanneau. 1995. Carbonate buildup and sea-level changes at MIT Guyot, western Pacific. In: Northwest Pacific atolls and guyots. Proceedings of the Ocean Drilling Program: Scientific Results 144:311-335.
- Johnson, S.C.** 1995. A preliminary report on the stratigraphy of Late Namurian to Stephanian fluvial strata in southeastern New Brunswick. In: Current research 1995-E. Recherches en cours 1995-E. Geological Survey of Canada, Current Research 1995-E:313-320.
- Jorgensen, G.,** H. Kisabeth, J. Kisabeth, L. Krasny, K. Kwan, G-D Liu, R. Macnab, P. Morris, Y. Pogrebitsky, G-S Qu, W. Roest, V. Verba, J. Verhoef, C-Z Wu, Z-G Xu and S-Q Zhao. 1995. Magnitnye anomalii i tektonicheskie elementy severo-voctochnoi Evrazii. Magnetic anomalies and tectonic elements of northeast Eurasia. Geological Survey of Canada, Open File 2574, 1 map; Geophysical, Magnetic Anomalies (1:10,000,000).
- Josenhans, H.** and D. Frobel. 1995. The Cabot Strait fibre optic cable route survey. Geological Survey of Canada, Open File 3063.
- Katsube, T.J.,** N. Scromeda and M. Williamson. 1995. Improving measurement accuracy of formation resistivity factor measurements for tight shales from the Scotian Shelf. In: Eastern Canada and national and general programs. Est du Canada et programmes nationaux et généraux. Geological Survey of Canada, Current Research 1995-D:65-71.
- Katsube, T.J.,** N. Scromeda and M. Salisbury. 1995. Formation resistivity factor of core samples from the Sudbury Structure, Ontario. In: Current research 1995-E. Recherches en cours 1995-E. Geological Survey of Canada, Current Research 1995-E:195-200.
- Koukouvelas, I.** and G. Pe-Piper. 1995. The role of granites in the evolution of the Folly Lake diorite, Cobequid Highlands, Nova Scotia. In: Eastern Canada and national and general programs. Est du Canada et programmes nationaux et généraux. Geological Survey of Canada, Current Research 1995-D:33-38.
- Lewis, C.F.M.** and B.J. Todd. 1995. Sediments and Late Quaternary history of Lake Ontario. In: Regional geology and tectonic setting of Lake Ontario region. Geological Survey of Canada, Open File 3114:1-14.
- Li, M.Z.** and C.L. Amos. 1995. SEDTRANS92: a sediment transport model for continental shelves. Computers and Geosciences 21 (4):533-554.
- Lynch, G.,** S.M. Barr, T. Houlahan and P. Giles. 1995. Geology, Cape Breton Island, Nova Scotia. Geological Survey of Canada, Open File 3159, 1 map; Geological, Structural, Lithological (1:250,000).
- Macnab, R.,** J. Verhoef, W. Roest and J. Arkani-Hamed. 1995. New database documents the magnetic character of the Arctic and North Atlantic. Eos, Transactions of the American Geophysical Union 76 (45):449, 458.
- Macnab, R.** 1995. Canada and Article 76 of the Law of the Sea: defining the limits of Canadian resource jurisdiction beyond 200 nautical miles in the Arctic and Atlantic oceans. In: Current research 1995-E. Recherches en cours 1995-E. Geological Survey of Canada, Current Research 1995-E:301-311.
- Marillier, F.** and P. Durling. 1995. Preliminary results from reprocessing of seismic reflection data in the Cumberland Basin, Nova Scotia. In: Eastern Canada and national and general programs. Est du Canada et programmes nationaux et généraux. Geological Survey of Canada, Current Research 1995-D:45-52.
- Miller, R.** and G.B.J. Fader. 1995. The bottom of Halifax Harbour. Geological Survey of Canada, Open File 3154, 1 map; Surficial Geology, Landforms (1:12,500).
- Morrell, G.R.** and K.D. McAlpine. 1995. Oil-based mud and its impact on geochemistry, microfossils and organic material. Geological Survey of Canada, Open File 3008:295 p.
- Morrell, G.R.,** L.R. Snowdon, P.K. Mukhopadhyay, S. Creaney, P. Gunther, K.D. McAlpine, F. Altebaumer, D. Hawkins and F. Monnier. 1995. Organic geochemical evaluation of boreholes drilled with oil-based invert muds: experimental results and a Canadian case history. In: Oil-based mud and its impact on geochemistry, microfossils and organic material. Geological Survey of Canada, Open File 3008:1.1-1.44.
- Mosher, D.C.,** B.C. Nichols, M. Best, H. Christian, R. Currie, I. Frydecky, J. Harris, W. Hill, G. Jewsbury, F. Jodrey, W. LeBlanc, D. Lintern and R. MacDonald. 1995. Multichannel and high resolution seismic reflection survey of the marine Fraser River delta, Vancouver, British Columbia: Tully PGC95001. In: Current research 1995-E. Recherches en cours 1995-E. Geological Survey of Canada, Current Research 1995-E:37-45.
- Mukhopadhyay, P.K.,** J.A. Wade and M.A. Kruger. 1995. Organic facies and maturation of Jurassic/Cretaceous rocks and possible oil-source rock correlation based on pyrolysis of asphaltenes, Scotian Basin, Canada. Organic Geochemistry 22 (1):85-104.
- Mukhopadhyay, P.K.** 1995. Organic petrography and kinetics of limestone and shale source rocks in wells adjacent to Sable Island, Nova Scotia and the interpretation on oil-oil or oil-source rock correlation and basin modelling. Geological Survey of Canada, Open File 3167:100 p.
- Mukhopadhyay, P.K.** 1995. Organic petrography and kinetics of Jurassic/Cretaceous shales and geochemistry of selected liquid hydrocarbons, Scotian Basin. Geological Survey of Canada, Open File 3284:101 p.
- Oakey, G.N.** and A. Stark. 1995. A digital compilation of depth to basement and sediment thickness for the North Atlantic and adjacent coastal land areas. Geological Survey of Canada, Open File 3039:53 p.
- Leg, ODP,** 155 Scientific Party. 1995. Drilling the fantastic Amazon Fan. Geotimes 40 (1):18-19.
- Ogg, J.G.,** G.F. Camoin and L. Jansa. 1995. Takuyo-Daisan Guyot: depositional history of the carbonate platform from downhole logs at site 879 (outer rim). In: Northwest Pacific atolls and guyots. Proceedings of the Ocean Drilling Program: Scientific Results 144:361-380.
- Parrott, D.R.** 1995. Sidescan sonar survey of the Liverpool offshore dumpsites, 26-28 September 1995. Geological Survey of Canada, Open File 3249:20 p.
- Parrott, D.R.** 1995. *Irving Whale* sediment sampling program, 16-20 October, 1995. Geological Survey of Canada, Open File 3250:13 p.
- Pe-Piper, G.,** D.J.W. Piper, C.N. Kotopouli and A.G. Panagos. 1995. Neogene volcanoes of Chios, Greece: the

- relative importance of subduction and back-arc extension. In: *Volcanism associated with extension at consuming plate margins*. Geological Society Special Publication 81:213-231.
- Piper, G., D.J.W. Piper and I. Koukouvelas.** 1995. Field evidence for the character of the Precambrian rocks south of the Rockland Brook fault, Bass River block, Cobequid Highlands, Nova Scotia. In: *Eastern Canada and national and general programs. Est du Canada et programmes nationaux et généraux*. Geological Survey of Canada, Current Research 1995-D:27-31.
- Piper, D.J.W., R. Sparkes and J. Berry.** 1995. Bathymetry and echo-character maps of parts of the Scotian Slope and southwest Grand Banks Slope. Geological Survey of Canada, Open File 3089, 14 maps; Base, Bathymetry (1:250,000).
- Piper, D.J.W., M. Mavronichi and G. Pe-Piper.** 1995. Regional variation in illite 'crystallinity' in the nappe sequence of the Peloponnese, Greece. *Annales Géologiques des Pays Helléniques, Première Série* 36:215-221.
- Rehill, T.A., M.R. Gibling and M.A. Williamson.** 1995. Stratigraphy of the Central Maritimes Basin, eastern Canada: non-marine sequence stratigraphy. In: *Current research 1995-E. Recherches en cours 1995-E*. Geological Survey of Canada, Current Research 1995-E:221-231.
- Ross, D.** 1995. La communication, la coopération et la collaboration internationales. In: *Les commissions géologiques nationales au XXIe siècle : actes de la Conférence internationale des commissions géologiques*. Geological Survey of Canada, Miscellaneous Report 55:181-182.
- Shaw, J. and D.L. Forbes.** 1995. The postglacial relative sea-level lowstand in Newfoundland. *Canadian Journal of Earth Sciences* 32 (9):1308-1330.
- Shaw, J., D.L. Forbes, J.A. Ceman, K.A. Asprey, D.E. Beaver, B. Wile, D. Frobél and F. Jodrey.** 1995. Marine geological surveys in Chedabucto and St. George's Bays, Nova Scotia and Bay of Islands, Newfoundland. Geological Survey of Canada, Open File 3230:187 p.
- Solomon, S.M.** 1995. Report on field activities and preliminary data interpretations, Beaufort Sea, Spring, 1993. Geological Survey of Canada, Open File 3028:53 p.
- Srivastava, S.P. and W.R. Roest.** 1995. Nature of thin crust across the southwest Greenland margin and its bearing on the location of the ocean-continent boundary. In: *Rifted ocean-continent boundaries*. Nato Advanced Science Institutes Series, Series C: Mathematical And Physical Sciences 463:95-120.
- Srivastava, S.P. and C.E. Keen.** 1995. A deep seismic reflection profile across the extinct Mid-Labrador Sea spreading center. *Tectonics* 14 (2):372-389.
- Taylor, R.B., J. Shaw, D. Frobél and A.G. Sherin.** 1995. Recent geological evolution of Kingsburg Beach, Lunenburg County, Nova Scotia. Geological Survey of Canada, Open File 3069:52 p.
- Terraquest Associates.** 1995. Structural contour maps of the shallow seismostratigraphy, northeast Grand Bank, Newfoundland. Geological Survey of Canada, Open File 3128, 5 maps; Location, Survey Location (1:200,000):31 p.
- Thomas, F.C.** 1995. A Paleogene radiolarian event of the South Mara unit, Banquereau Formation, Jeanne d'Arc Basin, offshore Newfoundland and its implications. In: *Current research 1995-E. Recherches en cours 1995-E*. Geological Survey of Canada, Current Research 1995-E:211-220.
- Vilks, G. and B. Deonarine.** 1995. Foraminifera in cores from the continental shelf of northern and eastern Canada. Geological Survey of Canada, Open File 3051:109 p.
- Waldron, J.W.F., K.S. Gillis, R.D. Naylor and F.W. Chandler.** 1995. Structural investigations in the Stellarton pull-apart basin, Nova Scotia. In: *Eastern Canada and national and general programs. Est du Canada et programmes nationaux et généraux*. Geological Survey of Canada, Current Research 1995-D:19-25.
- Williamson, M-C., R.C. Courtney, C.E. Keen and S.A. Dehler.** 1995. The volume and rare earth concentrations of magmas generated during finite stretching of the lithosphere. *Journal of Petrology* 36 (5):1433-1453.
- Zevenhuizen, J. and S. Solomon.** 1995. Side scan sonar data interpretation, 1991, Beaufort Sea coastal survey. Geological Survey of Canada, Open File 3002, 5 maps; Physiographic, Bathymetric (1:50,000):28 p.

## ENVIRONNEMENT CANADA

### DIRECTION DE LA CONSERVATION DE L'ENVIRONNEMENT 1994

- Crawford, R., P. Hennigar, J. Solwes, and S. Mathews.** 1994. In: *Evaluation of Gulfwatch Second Year of the Gulf of Maine Environmental Monitoring Plan*. Editor G. Harding. The Gulf of Maine Council on the Marine Environment.
- Dumouchel, F. and P. Hennigar.** 1995. Canadian Shellfish Contaminants Monitoring QA/QC Analytical Guidelines. Laboratory Managers' Committee, Environment Canada.
- Ernst, W.R., P. Hennigar, K. Doe, and G. Julien.** 1994. Characterization of the chemical constituents and toxicity to aquatic organisms of a municipal landfill leachate. In: *Water Pollution Research Journal of Canada, Volume 29, No. 1*. Pages 89-101.
- Ernst, W., S. Wade, P. Hennigar, and G. Julien.** 1994. Toxicity to Aquatic Organisms of Pond Water Contaminated by Fenitrothion during Forest Spraying. *Bull. Environ. Toxicol.* 52:612-618.
- Pocklington, P., K. Doe, S. Yee, T. Vigerstat, A. Chevrier, D. McLeay, and M.E. Pocklington.** 1994. Preliminary results of test development for sediment toxicity using multiple species of Atlantic, Pacific, and Arctic polychaetes. In: *Proceedings of the 21st Annual Aquatic Toxicity Workshop: October 3-5, Sarnia, Ontario*. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2050.
- Tay, K.L., K.G. Doe, A.J. MacDonald, S.J. Wade, J.D.A. Vaughan, A.L. Huybers, and G.D. Wohlgeschaffen.** 1994. Environmental Assessment of a dredged material dumpsite using multitrophic level sediment bioassays and bioaccumulation tests. In: *Proceedings of the 21st Annual Aquatic Toxicity Workshop: October 3-5, Sarnia, Ontario*. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2050.

1995

**Mearns, A.,** K. Doe, W. Fisher, R. Hoff, K. Lee, R. Siron, C. Mueller, and A. Venosa. 1995. Toxicity trends during an oil spill bioremediation experiment on a sand shoreline in Delaware, USA. In: *Proceedings of the eighteenth Arctic and Marine Oil Spill Program (AMOP) Technical Seminar*. Environment Canada, EPS, Ottawa. Pages 1133-1145.

**Schlekat, C.E.,** K.J. Scott, R.C. Swartz, B. Albrecht, L. Antrim, K. Doe, S. Douglas, J.A. Ferretti, D.J. Hansen, D.W. Moore, C. Mueller, and A. Tang. 1995. Interlaboratory comparison of a 10-day sediment toxicity test method using *Ampelisca abdita*, *Eohaustorius estuarius*, and *Leptocheirus plumulosus*. *Environ. Toxicol. Chem.* 14(12): 2163-2174.

## SERVICE CANADIEN DE LA FAUNE

### DIVISION DE LA CONSERVATION DE LA FAUNE

1993 et 1994

**Gaston, A.J.,** L.N. de Forest, G. Gilchrist and D.N. Nettleship. 1993. Monitoring Thick-billed Murre populations at colonies in northern Hudson Bay, 1972-92. *Canadian Wildlife Service Occasional Paper No. 80*: 1-14.

**Nettleship, D.N.** 1993. CWS Seabird Population Monitoring Program: National issues & program priorities, 1994-2004. *Canadian Wildlife Service "Studies on northern seabirds" Report No. 265*: 1-77.

**Acuña, R.,** F. Contreras and J. Kerekes. 1994. Aquatic bird densities in two coastal lagoon systems in Chiapas State, Mexico, a preliminary assessment. Pages 101-106 in: *Proceedings of Symposium, Aquatic Birds in the Trophic Web of Lakes* (J. Kerekes and J.B. Pollard, eds.). *Hydrobiologia* 279/280, Developments in Hydrobiology 96. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

**Benjamin, N.** and J. Kerekes. 1994. Grouping dynamics of Common Loons on Grafton Lake, Kejimikujik National Park (July 22-October 1, 1993). Pages 205-216 in: *Proceedings Workshop, Kejimikujik Watershed Studies: Monitoring and Research, Five Years After "Kejimikujik '88". Oct. 20-21, 1993* (C.A. Staicer, M.J. Duggan and J.J. Kerekes, eds.). Environment Canada (Atlantic Region) Occasional Report No. 3, Sackville, N.B.

**Cook, N.H.** and P.G. Wells. 1994. Marine microscale ecotoxicology: assessment of the Microtox Bioassay for inclusion in a tiered hazard evaluation of sediments from Halifax Harbour, Nova Scotia. 21st Annual Aquatic Toxicity Workshop, CZC'94 Proceedings, Halifax, N.S. (abstract and poster paper)

**Hanson, A.,** C. Ellingwood, J. Kerekes and A. Smith. 1994. Sackville Waterfowl Park, Sackville, New Brunswick, Canada. Pages 521-524 in: *Proceedings of Symposium, Aquatic Birds in the Trophic Web of Lakes* (J. Kerekes and J.B. Pollard, eds.).

*Hydrobiologia* 279/280, Developments in Hydrobiology 96. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

**Kampp, K.,** D.N. Nettleship and P.G.H. Evans. 1994. Thick-billed Murres of Greenland: status and prospects. Pages 133-154 in: *Seabirds on Islands: Threats, Case Studies and Action Plans* (D.N. Nettleship, J. Burger and M. Gochfeld, eds.). BirdLife International Conservation Series No. 1. BirdLife International, Cambridge, U.K.

**Kerekes, J.** 1994. Preface. Pages i-vii in: *Proceedings of Symposium, Aquatic Birds in the Trophic Web of Lakes* (J. Kerekes and J.B. Pollard, eds.). *Hydrobiologia* 279/280, Developments in Hydrobiology 96. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

**Kerekes, J.** 1994. Kejimikujik Calibrated Basin Studies. Pages 20-23 in: *Summary Reports 1993/94 LRTAP Studies* (B.L. Beattie, ed.). Atlantic Region LRTAP Monitoring and effects Working Group Report for 1993. Atmospheric Environmental Service, Environment Canada. Bedford, N.S.

**Kerekes, J.** 1994. Biomonitoring of sensitive aquatic birds and their food in the Atlantic Region to verify recovery of aquatic ecosystems from acidification. Pages 158-160 in: *Summary Reports 1993/94 LRTAP Studies* (B.L. Beattie, ed.).

Atlantic Region LRTAP Monitoring and effects Working Group Report for 1993. Atmospheric Environmental Service, Environment Canada. Bedford, N.S.

**Kerekes, J.** 1994. Introduction. Pages 1-2 in: *Proceedings of Workshop, Kejimikujik Watershed Studies: Monitoring and Research, Five Years After "Kejimikujik '88", Oct. 20-21, 1993* (C.A. Staicer, M.J. Duggan and J.J. Kerekes, eds.). Environ-

ment Canada (Atlantic Region) Occasional Report No. 3, Sackville, N.B.

**Kerekes, J.** 1994. Kejimikujik Lake. Pages 144-155 in: *The book of Canadian Lakes* (R.J. Allan, M. Dickman, C.B. Gray and V. Cromie, eds.). Canadian Association on Water Quality, Monograph No. 3. Canada Centre for Inland Waters, Burlington, Ontario.

**Kerekes, J.** 1994. Western Brook Pond. Pages 284-293 in: *The book of Canadian Lakes* (R.J. Allan, M. Dickman, C.B. Gray and V. Cromie, eds.). Canadian Association on Water Quality, Monograph No. 3. Canada Centre for Inland Waters, Burlington, Ontario.

**Kerekes, J.,** D. Bates, M. Duggan and R. Tordon. 1994. Abundance and distribution of fish-eating birds in Kejimikujik National Park (1988-1993). Pages 197-204 in: *Proceedings of Workshop, Kejimikujik Watershed Studies: Monitoring and Research, Five Years After "Kejimikujik '88", Oct. 20-21, 1993* (C.A. Staicer, M.J. Duggan and J.J. Kerekes, eds.). Environment Canada (Atlantic Region) Occasional Report No. 3, Sackville, N.B.

**Kerekes, J.J.** and J.B. Pollard (eds.). 1994. *Proceedings of Symposium, Aquatic Birds in the Trophic Web of Lakes* (J. Kerekes and J.B. Pollard, eds.). *Hydrobiologia* 279/280, Developments in Hydrobiology 96. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 524 pp.

**Kerekes, J.,** R. Tordon, A. Nieuwburg, and L. Risk. 1994. Fish-eating bird abundance in oligotrophic lakes in Kejimikujik National Park, Nova Scotia, Canada. Pages 57-61 in: *Proceedings of Symposium, Aquatic Birds in the Trophic Web of Lakes* (J. Kerekes and J.B. Pollard, eds.).

*Hydrobiologia* 279/280, Developments in Hydrobiology 96. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

**McNicol, D. K.,** J. J. Kerekes and M. L. Mallory. 1994. Canadian Wildlife Service LRTAP Biomonitoring Program - a strategy to monitor the biological recovery of aquatic ecosystems in Eastern Canada from the effects of acid rain. Pages 128-142 in: *Report of Atlantic Region LRTAP Monitoring and effects Working Group for 1993* (B.L. Beattie, ed.). Atmospheric Environmental Service, Environment Canada, Bedford, N.S.

**Nettleship, D.N.** 1994. CWS Seabird Colony Registry: a computerized data

- management system for access to seabird colony data. Pages 27-30 in: *Science Review 1992 & '93* (A. Fiander, ed.). Department of Fisheries and Oceans, Dartmouth, N.S.
- Nettleship, D.N.** 1994. Canada's seabirds: CWS population monitoring program - long-term population studies of seabirds, 1972-1992. Canadian Wildlife Service "Studies on northern seabirds" Report No. 272: 1-27.
- Nettleship, D.N.** 1994. Seabird colonies of Arctic Canada: Devon Island, Somerset Island, Baffin Island and adjacent regions. Canadian Wildlife Service "Studies on northern seabirds" Report No. 270: 1-97.
- Nettleship, D.N.** 1994. A word from President David Nettleship. *Colonial Waterbird Society Bulletin* 18(2): 2-4.
- Nettleship, D.N.** and G.N. Glenn. 1994. CWS Seabird Colony Registry: Input Specifications for a Seabird Colony Database (November 1994: Version 5.2a). Canadian Wildlife Service "Studies on northern seabirds" SCR Report, Dartmouth, N.S. 94 pp.
- Nettleship, D.N.,** J. Burger and M. Gochfeld (eds.). 1994. *Seabirds on Islands: Threats, Case Studies and Action Plans*. BirdLife International Conservation Series No. 1. Birdlife International, Cambridge, U.K. and Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 318 pp.
- Wells, P.G.** 1994. Bioassays. Pages 17-19 in: *Biological Indicators of the Health of Marine Ecosystems* (J.S. Gray, ed.). GESAMP Report and Studies No. 54, International Maritime Organisation, London, U.K.
- Wells, P.G.** (ed.). 1994. Opportunistic settlers and the problem of the ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in the Black Sea. Working Group Report, GESAMP XXIV, United Nations, New York, N.Y.
- Wells, P.G.** and P.J. Ricketts (eds.). 1994. *Coastal Zone Canada '94 Conference Proceedings*, Volumes 1-5. Coastal Zone Canada Conference, Halifax, N.S., September 1994. Coastal Zone Canada Association, Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, N.S. 2,407 pp.
- 1995**
- Benjamin, N.** and J. Kerekes. 1995. Grouping dynamics of Common Loons on Grafton Lake (Cecumcega Gowick - Mi'kmaq name of Grafton Lake). Kejimikujik Ecological Research Centre Newsletter 1: 8.
- Benjamin, N.** and J. Kerekes. 1995. Grouping dynamics of Common Loon (*Gavia immer*) on Grafton Lake, Kejimikujik National Park, Nova Scotia, Canada (27 July - 1 October 1993 & 20 July - 16 September 1994). *Journal of Lake and Reservoir Management* 11: 118. (abstract only)
- Birkhead, T.R.** and D.N. Nettleship. 1995. Arctic Fox influence on a seabird community in Labrador: a natural experiment. *Wilson Bulletin* 107: 397-412.
- Donaldson, G.M.,** A.J. Gaston, J. Chardine, K. Kampp, D.N. Nettleship and R.D. Elliot. 1995. Winter distributions of Thick-billed Murres from eastern Canadian arctic and western Greenland in relation to age and time of year. Canadian Wildlife Service "Studies on northern seabirds" Manuscript Report No. 274: 1-46.
- Kerekes, J.** 1995. Biomonitoring of sensitive aquatic birds and their food in the Atlantic Region to verify recovery of aquatic ecosystems from acidification. Pages 29-31 in: *Summary Reports 1994 LRTAP Studies* (B.L. Beattie, ed.). Atlantic Region LRTAP Monitoring and Effects Working Group Report for 1994. Atmospheric Environmental Service, Environment Canada, Bedford, N.S.
- Kerekes, J.** 1995. Kejimikujik calibrated basin studies. Pages 55-58 in: *Summary Reports 1994 LRTAP Studies* (B.L. Beattie, ed.). Atlantic Region LRTAP Monitoring and Effects Working Group Report for 1994. Atmospheric Environmental Service, Environment Canada, Bedford, N.S.
- Kerekes, J.** 1995. Diver/Loon Research Group. Page 1 in: *Research Group Report, 1993-1995* (J. van Vessem and C. Prentice, eds.). International Wetlands Research Bureau, Slimbridge, UK.
- Kerekes, J.,** B. Beattie and T. Pollock. 1995. Status of long term integrated monitoring in Kejimikujik National Park. Pages 326-331 in: *Proceedings 2nd International Conference on Science and the Management of Protected Areas, Dalhousie University, Halifax, N.S., May 19, 1994* (T.B. Herman, S. Bondrup-Nielsen, J.H.M. Willison and N.W.P. Munro, eds.) SAMP (Science and Management of Protected Areas), Acadia University, Wolfville, N.S.
- Kerekes, J.,** M. Duggan, R. Tordon, G. Boros and M. Bronkhorst. 1995. Abundance and distribution of fish-eating birds (1988-1995) in Kejimikujik National Park, Nova Scotia. *Lake Reservoir Management* 11: 156. (abstract only)
- McNicol, D.K.,** J.J. Kerekes, M.L. Mallory, R.K. Ross and A.M. Scheuhammer. 1995. The Canadian Wildlife Service LRTAP Biomonitoring Program, Part 1. A strategy to monitor the biological Recovery of aquatic ecosystems in Eastern Canada from the effects of acid rain. Canadian Wildlife Service Technical Report Series No. 245: 1-28.
- Nettleship, D.N.** 1995. Report of the IOC Standing Committee for the Coordination of Seabird Research. *Ibis* 137: A134-137.
- Nettleship, D.N.** 1995. Seabirds. Pages 581-583 in: *Conservation and Environmentalism - an Encyclopedia* (R. Paelhke, ed.). Garland Publishing, New York and London.
- Nettleship, D.N.** 1995. A word from President David Nettleship. *Colonial Waterbird Society Bulletin* 19(1): 2-3.
- Nettleship, D.N.** 1995. An afternoon to remember. *Colonial Waterbird Society Bulletin* 19(2): 3-5.
- Nettleship, D.N.** 1995. Seabird and marine ecosystem priorities: Eastern Canada. Pages 6-7 in: Atlantic Region Ecosystem Science Meeting - Summary of Meeting (P.G. Wells, ed.). Environmental Conservation Service, Environment Canada (Atlantic Region) Manuscript Report, Dartmouth, N.S. (abstract only)
- Nettleship, D.N.** and D.C. Duffy (eds.). 1995. *The Double-crested Cormorant: Biology, Conservation and Management*. Colonial Waterbirds 18, Special Publication No. 1. 256 pp.
- Nettleship, D.N.** and D.C. Duffy. 1995. Cormorants and human interactions: an introduction. Pages 3-6 in: *The Double-crested Cormorant: Biology, Conservation and Management* (D.N. Nettleship and D.C. Duffy, eds.). Colonial Waterbirds 18, Special Publication No. 1.
- Nettleship, D.N.** and D.C. Duffy. 1995. Epilogue: cormorants, humans and the symposium process. *Colonial Waterbirds* 18 (Special Publication No. 1): Pages 255-256 in: *The Double-crested Cormorant: Biology, Conservation and Management* (D.N. Nettleship and D.C. Duffy, eds.). Colonial Waterbirds 18, Special Publication No. 1.

- Rand, G.M.,** P.G. Wells and L.S. McCarty. 1995. Introduction to aquatic toxicology. Pages 3-67 in: *Fundamentals of Aquatic Toxicology, Second Edition* (G.M. Rand, ed.). Taylor and Francis, Bristol, PA and Basingstoke, U.K.
- Wells, P.G.** 1995. Living with the oceans. *Dalhousie Review* 74: 294-297.
- Wells, P.G.** 1995. Heeding the bay's cry: the Fundy Marine Ecosystem Science Project (FMESP). Gulf of Maine News, Regional Association for Research on the Gulf of Maine, Spring 1995: 4.
- Wells, P.G.,** J.N. Butler and J.S. Hughes. 1995. Introduction, overview, issues. Pages 3-38 in: *Exxon Valdez Oil Spill: Fate and Effects in Alaskan Waters* (P.G. Wells, J.N. Butler and J.S. Hughes, eds.). ASTM Special Technical Publication 1219, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA.
- Wells, P.G.,** J.N. Butler and J.S. Hughes (eds.). 1995. *Exxon Valdez Oil Spill: Fate and Effects in Alaskan Waters*. ASTM Special Technical Publication 1219, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA. 955pp.
- ## DIRECTION DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT
- ### 1994
- Craig, C.,** B. Richard and B. Gaudet. 1994. Comprehensive Survey, Nova Scotia Shellfish Growing Area 15-030-003, Grand Etang / Argyle Sound. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-94-11.
- Craig, C.,** B. Richard and B. Gaudet. 1994. Comprehensive Survey, Nova Scotia Shellfish Growing Area 15-040-003, Eel Lake / Widgeum Islands. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-94-12.
- Richard, B.J.** 1994 New Brunswick Shellfish Growing Area Key Station Monitoring Report-1993 Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-94-1.
- Richard, B.J.** 1994 Aquaculture Site Classification Report New Brunswick Shellfish Growing Area Subsector NB-02-040-002 Anse-Bleue Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-94-.
- Richard, B.J.,** C.G. Roberts 1994 Comprehensive Survey New Brunswick Shellfish Growing Area Subsector NB-03-030-003 Grande Batture Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-94-2
- Richard, B.J.,** J.R. Machell 1994 Comprehensive Survey New Brunswick Shellfish Growing Area Subsector NB-03-040-001 & -002 Baie de Petit - Pokemouche and Baie de Pokemouche Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-94-3.
- Tremblay, D.M.,** B.J. Richard and D. Walter 1994 Reappraisal Report Nova Scotia Shellfish Growing Area Subsector NS-06-030-001 St. Anns Bay/Harbour Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-94-4.
- Tremblay, D.M.,** B.J. Richard and D. Walter 1994 Comprehensive Survey Nova Scotia Shellfish Growing Area Subsectors NS-07-020-005 to -007 Great Bras D'Or/ Grand Narrows, Great Bras D'Or/ Christmas Island, Great Bras D'Or/ Shunacadie Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-94-5.
- Tremblay, D.M.,** B.J. Richard and D. Walter 1994 Comprehensive Survey Nova Scotia Shellfish Growing Area Subsectors NS-07-040-001 to -004 East Bay Area Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-94-6.
- ### 1995
- Craig, C.,** B. Richard and B. Gaudet. 1995. Comprehensive Survey, Nova Scotia Shellfish Growing Area 15-020-004 to 15-020-006, Clarks Harbour To Shag Harbour. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-95-06.
- Craig, C.,** B. Richard and B. Gaudet. 1995. Reevaluation of Nova Scotia Shellfish Growing Area 15-040-001, Argyle River. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-95-07.
- Craig, C.,** and B.J. Richard. 1995. Reevaluation of Nova Scotia Shellfish Growing Area 15-040-002, Morris Island. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-95-08.
- Craig, C.,** and D.B. Walter. 1995. Reappraisal Report of Nova Scotia Shellfish Growing Area 15-040-005, Eskasoni. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-95-14.
- Craig, C.,** and D.B. Walter. 1995. Comprehensive Survey, Nova Scotia Shellfish Growing Area 09-020-004, Cap La Ronde / Bay of Rocks. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-95-15.
- Craig C.,** and D.B. Walter. 1995. Comprehensive Survey, Nova Scotia Shellfish Growing Area 09-020-009, Janvrin Island / Haddock Harbour. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-95-16.
- Craig C.,** and D.B. Walter. 1995. Comprehensive Survey, Nova Scotia Shellfish Growing Area 09-020-010, West Lennox Passage. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-95-17.
- Richard, B.J.** 1995 Re-Evaluation of New Brunswick Shellfish Growing Area Subsector NB-4-030-001 Miramichi River Estuary. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-95-1
- Richard, B.J.** 1995 Re-Evaluation of New Brunswick Shellfish Growing Area Subsector NB-4-020-002 Bay du Vin, Egg and Fox Islands. Environment Canada, Environmental Protection, Atlantic Region. EP-AR-95-2

## NOTES