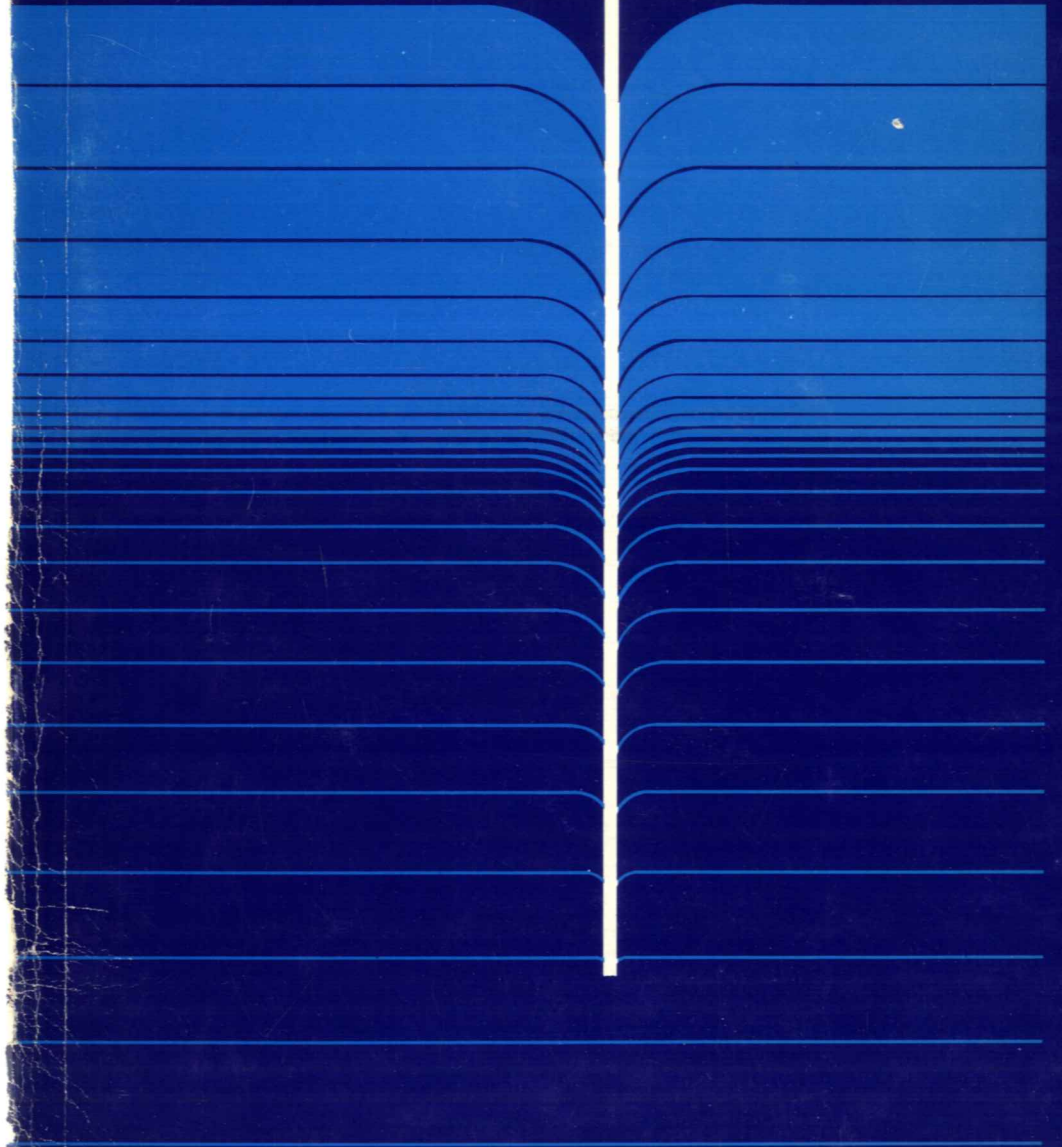


Institut océanographique
de Bedford

Rapport bisannuel

1975
et 1976



**Rapport
bisannuel
pour 1975 et
1976**

**Rapport
bisannuel
pour 1975 et
1976**

**Institut océanographique de Bedford
Dartmouth, Canada**

Ministère de l'Environnement
Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources

Publication
de l'Institut océanographique de Bedford
Dartmouth
Nouvelle-Écosse
B2Y 4A2

Édition française
préparée par le Module d'édition française
Ministère des Pêches et de l'Environnement
Canada

Imprimé par le ministère des Approvisionnements et Services
Numéro de catalogue : EN 35-203-1976-F
ISBN 0-662-01539-8

Ministère des Approvisionnements et Services
© 1977

Remerciements

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance
aux collègues qui ont participé
à la préparation du présent rapport.

Nous remercions en particulier les personnes suivantes :
Mme Gillian Elliot, qui a revu un grand nombre de manuscrits;

MM. Roger Bélanger, Norman Fenerty
et Heinz Wiele, qui ont fourni la plupart des photographies
et qui ont préparé la section D;

Arthur Cosgrove, John Lord et Robert Sibley,
qui ont préparé les dessins au trait;
enfin, **Mlle Christine Behan**, qui a dactylographié
la plupart des manuscrits.

Michel P. Latrémouille
Chef du Service des publications
Ressources de l'Institut

GOUVERNEMENT DU CANADA

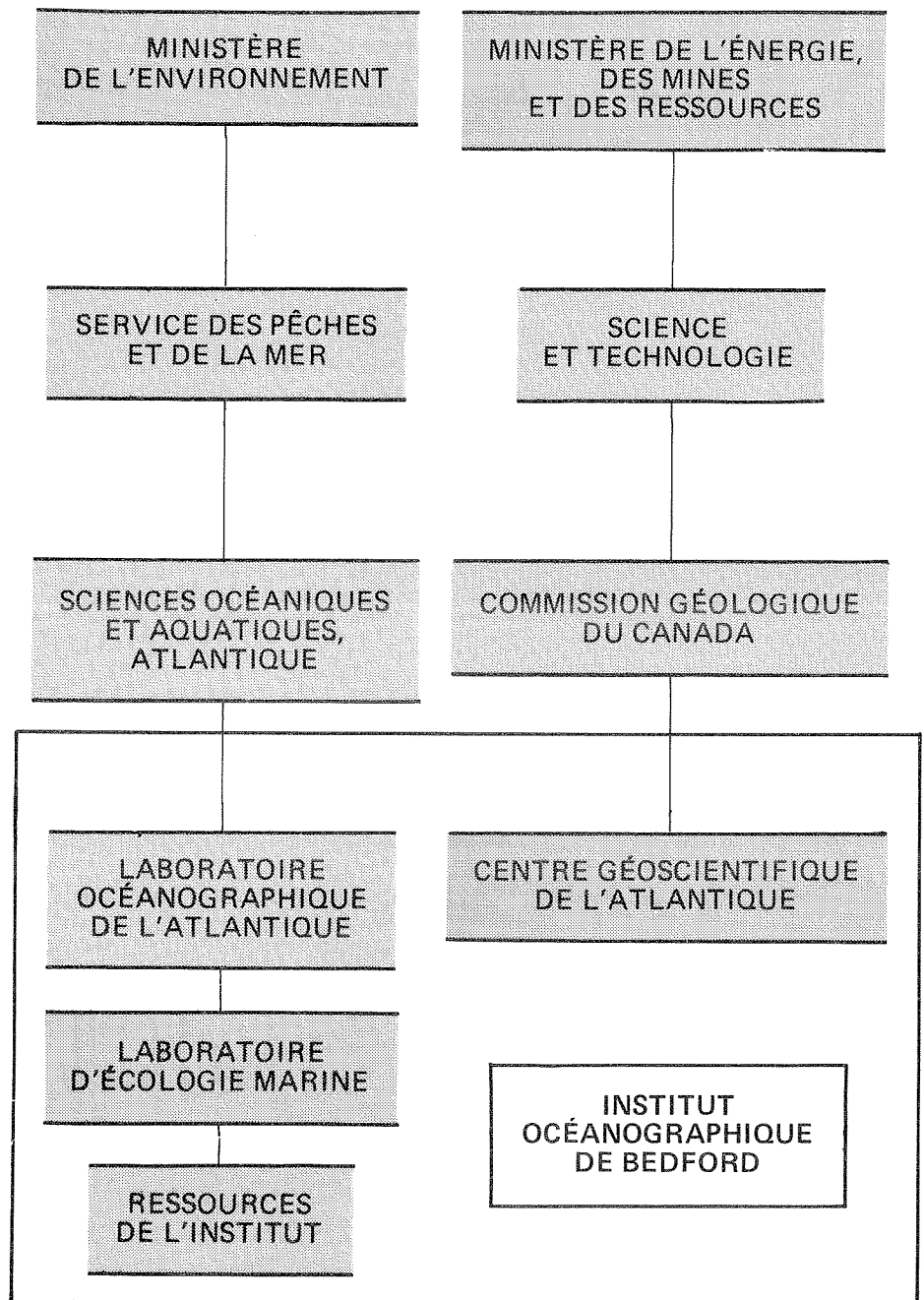


Table des matières

PRÉFACE

A. — LABORATOIRE OCÉANOGRAPHIQUE DE L'ATLANTIQUE

Notes du directeur	6
Océanographie chimique	9
Océanographie côtière	21
Hydrographie	35
Météologie	49
Circulation océanique	63

B. — LABORATOIRE D'ÉCOLOGIE MARINE

Notes du directeur	74
Océanographie biologique	77
Qualité de l'environnement	87
Océanographie des pêches	97

C. — CENTRE GÉOSCIENTIFIQUE DE L'ATLANTIQUE

Notes du directeur	106
Géologie du pétrole — Secteur de l'Est.	111
Géologie du milieu marin	119
Soutien	127
Reconnaissance régionale	131

D. — RESSOURCES DE L'INSTITUT

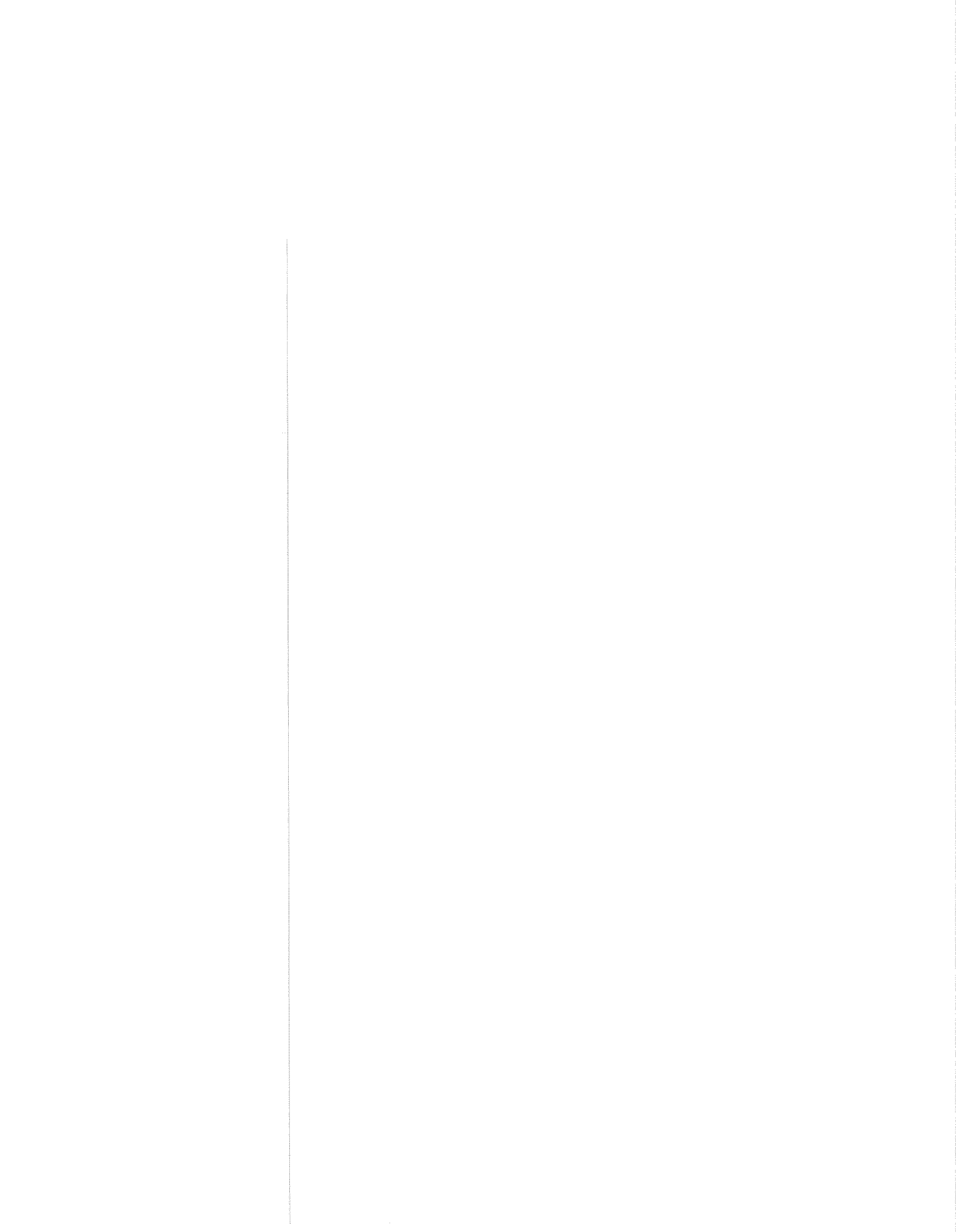
Notes du directeur	138
Navires	140
Services d'ingénierie.	144
Services informatiques	148
Bibliothèque	150
Dessins et illustrations	152
Photographie	153

E. — SCIENCES OCÉANIQUES

Les vagues de l'océan	156
Le projet MAREX ou l'exploration de la dorsale Médio-Atlantique	169
La surdispersion du phytoplancton	187

F. — ANNEXES

Personnel de recherche et d'étude, et cadres supérieurs	200
Principales publications de 1975 et 1976	204
Principales expéditions de 1975 et 1976	219
Agrandissement des installations de l'IOB.	229



Préface

Nous publions pour la cinquième fois notre rapport bisannuel sur les activités de l'Institut. Ces activités visent à l'avancement des sciences océaniques, que ce soit par la recherche ou par la mise au point de nouvelles techniques. Le fruit de nos travaux est communiqué aux milieux scientifiques par les voies normales : articles, rapports, conférences et échanges entre spécialistes; toutefois, seul le rapport bisannuel permet au lecteur d'avoir une vue d'ensemble du travail accompli à l'Institut.

En plus de faire de la recherche fondamentale, qui permet d'accroître notre connaissance des océans, des zones littorales et des estuaires, l'Institut s'est engagé dans l'étude des ressources marines et de la pollution. Une bonne part des efforts dans ces domaines porte sur la préparation de levés hydrographiques et de cartes géologiques. L'Institut s'intéresse de façon toute spéciale à l'Arctique et aux plateaux continentaux canadiens, ceux-ci ayant pris une importance particulière depuis que le gouvernement canadien a décidé d'étendre à 200 milles (320 km) des côtes les limites territoriales de pêche du pays.

L'Institut continue de collaborer de façon très active avec d'autres organismes, canadiens ou étrangers. Au cours des deux dernières années, un nombre croissant de sociétés canadiennes du secteur industriel ont eu recours aux moyens que l'Institut met à leur disposition, notamment la Huntec (1970) Ltd. et la Hermes Electronics Ltd. : la première, pour la mise au point d'un appareil de sondage sismique remorqué en eau profonde; la seconde, pour la mise au point de bouées-laboratoires océanographiques. L'Institut apporte son concours à plusieurs universités canadiennes et participe à des recherches conjointes. L'université de la Colombie-Britannique, par exemple, poursuit des expériences en se servant de la plate-forme stable de l'Institut.

Nous avons pris part à des recherches internationales, dont l'expédition menée en 1976 au large de la côte occidentale du continent africain, avec le CSS *Baffin*, par l'entremise de l'Agence canadienne de développement international. Nous avons invité des scientifiques français à bord du CSS *Hudson* au cours d'une expédition d'océanographie physique dans la mer du Labrador, et l'un de nos chercheurs s'est joint à un groupe de scientifiques britanniques à bord du RRS *Discovery* dans une expédition au-dessus de la dorsale de l'Atlantique. Nous avons mis sur pied un programme mixte avec l'Institut allemand d'hydrologie de Hambourg, en vue de comparer nos méthodes respectives d'échantillonnage et d'analyse des polluants organiques à l'état de traces dans l'eau de mer. Nous avons collaboré, avec les scientifiques de la Woods Hole Oceanographic Institution et avec ceux de l'expérience russo-américaine *POLYMODE*, à la réalisation d'une étude sur l'amarrage en eaux profondes. Des membres de notre personnel ont également participé à deux phases du programme de forage en mer Deep Sea Drilling.

L'Institut a continué d'organiser des conférences internationales. Ainsi, il est responsable, avec la Commission géologique du Canada et l'université Dalhousie, de la tenue à Halifax du premier symposium international sur les foraminifères benthoniques des marges continentales : Benthonics '75. Notre équipe a aussi apporté une contribution importante à la préparation d'une réunion mixte de l'American Association of Stratigraphic Palynologists et de la Commission internationale de micropaléontologie paléozoïque à Halifax en 1976. Nous nous préparons à participer à deux autres conférences importantes en 1977 : la conférence de l'Institut des études avancées de l'OTAN sur la répartition spatiale des communautés planctoniques et un symposium sur la récupération des déversements d'hydrocarbures en mer.

En novembre 1975, l'Institut a ouvert ses portes durant trois jours à un public d'au-delà de 15 000 personnes. Chaque été, le vieux navire océanographique CSS *Acadia* (construit en 1913 et mis hors service en 1969) a attiré encore une foule de touristes. Comme par les années passées, l'Institut a été l'hôte de visiteurs de marque. Mentionnons une délégation chinoise guidée par M. Hsiao Feng, directeur du Bureau des produits de la pêche, du ministère des Terres et Forêts; M. J.B. Hersey, océanographe adjoint à l'Ocean Science, Office of Naval Research and Technology (É.-U.); M. H.H. Haunschild, ministre adjoint de la Recherche et de la Technologie de l'Allemagne de l'Ouest; et M. A.P. Kapitsa, président du Centre scientifique de l'Extrême-Orient, à Vladivostock en URSS.

Le 7 mai 1975, le ministre d'État aux Pêcheries, l'Honorable Roméo Leblanc (devenu ministre des Pêches et de l'Environnement) annonçait l'octroi de 18 millions de dollars pour l'expansion progressive de l'Institut. Il faudra quatre ans pour réaliser ce projet. M. Leblanc déclarait que l'Institut de Bedford est essentiel à la mise en oeuvre de la politique du gouvernement fédéral en ce qui concerne les océans. Il affirmait que l'amélioration de l'équipement de l'Institut pour ses travaux de recherche et de mise au point, au service du gouvernement et de l'industrie, allait concourir à accélérer l'application de cette politique. À la fin de 1976, on achevait la construction du premier des trois édifices prévus — qui abritera des laboratoires — tandis que la construction du second était déjà avancée. Ce dernier servira aussi à abriter des laboratoires, à conserver les échantillons prélevés sur le fond marin.

Au cours de 1975-1976, le Service des pêches et de la mer du ministère de l'Environnement (devenu le ministère des Pêches et de l'Environnement) a réorganisé sa direction. L'ancienne Direction des recherches sur les pêches a été rattachée en bonne partie à la Gestion des pêches alors que les éléments restants, dont le Laboratoire d'écologie marine (LEM), ont été rattachés aux Sciences océaniques et aquatiques (SOA), l'ancienne Direction des sciences de la mer. Le gouvernement fédéral a décentralisé les services en nommant des directeurs généraux régionaux relevant du sous-ministre adjoint aux Sciences océaniques et aquatiques, à Ottawa. L'Institut est aujourd'hui responsable du service des Ressources de L'Institut, qui dépendait du Laboratoire océanographique de l'Atlantique (LOA). Le directeur du Laboratoire océanographique, le directeur du Laboratoire d'écologie marine et le directeur des Ressources de l'Institut relèvent maintenant du directeur général de la Région de l'Atlantique, Sciences océaniques et aquatiques.

L'Institut, néanmoins, continue de fonctionner comme un tout administré par un comité de directeurs et ayant un grand nombre d'installations et de services

communs. La présidence du comité est assurée à tour de rôle par les trois directeurs de laboratoire. Le comité se compose en outre du directeur général et du directeur des Ressources de l'Institut. Le budget combiné pour 1976 se chiffre à environ 20 millions de dollars. L'Institut a un personnel de 675 employés.

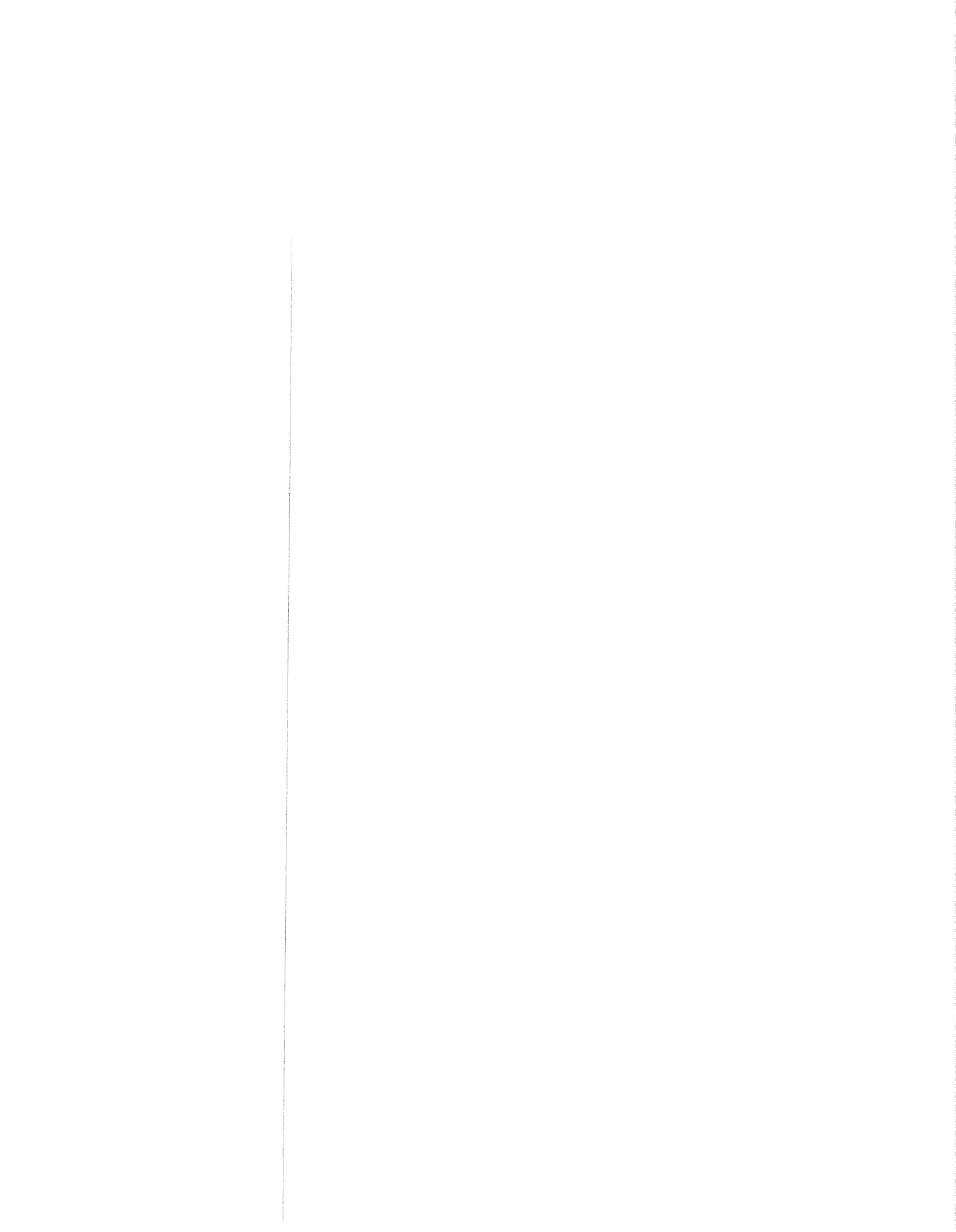
Il loge plusieurs petites équipes dont les activités sont en rapport avec les programmes de l'un ou l'autre des laboratoires. Le ministère des Pêches et de l'Environnement y compte des membres provenant : de la Division des poissons d'eau salée, Direction des ressources, Service des pêches et de la mer, Région des Maritimes; de la Division des services de laboratoire, Direction des services de l'environnement, Service de la protection de l'environnement, Région de l'Atlantique; et du Programme de recherche sur les oiseaux de mer, Services canadiens de la faune. Le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources a du personnel provenant de la Direction de la gestion et de la conservation des ressources, Bureau régional. Enfin, les compagnies Huntec Seabed Project Office, Huntec (70) Ltd. et Canadian Ocean Data System (CODS) Shore Base, Hermes Electronics Ltd. ont aussi des employés sur place.

Les pages qui suivent font état des programmes exécutés par le Laboratoire océanographique de l'Atlantique, le Laboratoire d'écologie marine du Centre géoscientifique de l'Atlantique et les Ressources de l'Institut.

*Le Directeur général
Sciences océaniques et aquatiques-Atlantique*

A handwritten signature in cursive script that reads "Wm L Ford". The signature is written in dark ink and is positioned above a horizontal line that extends to the right, ending in a small arrowhead.

Wm. L. Ford



SECTION A

**Laboratoire
océanographique
de l'Atlantique (LOA)**

**Sciences océaniques
et aquatiques, Atlantique**

**Ministère de
l'Environnement, 1975-1976**

Directeur intérimaire : C.R. Mann

Division de l'océanographie chimique

Division de l'océanographie côtière

Division de la métrologie

Division de la circulation océanique

Division de l'hydrographie

Division des finances et de l'administration

Notes du directeur

Au cours des deux dernières années, le Laboratoire océanographique de l'Atlantique (LOA) a transformé ses structures et ses activités. Par suite du réaménagement du Service des pêches et de la mer, la gestion des installations de l'Institut océanographique de Bedford a été dissociée du Laboratoire océanographique de l'Atlantique, sauf pour ce qui touche l'administration générale des installations communes, notamment le central dactylographique et la fourniture d'énergie.

Notre organisme se compose encore de divisions, et mentionnons à ce propos la nomination de quatre nouveaux chefs. Ce sont MM. C.S. Mason, à la tête de l'Océanographie côtière; G.T. Needler, à la Circulation océanique; D. McKeown, à la Métrologie; et G. Bowdridge, à l'Administration. Le groupe d'étude des interactions air-mer est passé de la Métrologie à la Circulation océanique. Pour intensifier les activités dans le domaine de l'océanographie des pêches, il a été décidé que le Laboratoire d'écologie marine devait se préparer à entreprendre des études pluridisciplinaires dans ce domaine et que l'Océanographie côtière continuerait d'appuyer ce programme, surtout lorsque des études importantes d'océanographie physique portant sur une région seront nécessaires.

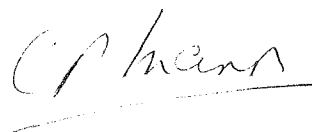
Plusieurs de nos programmes ont déjà été modifiés en profondeur. Vu l'importance que prend le plateau continental pour l'exploration pétrolière et la gestion des pêches, nous avons préparé un programme d'études du plateau continental de Scotian et de celui du Labrador pour en déterminer les caractéristiques océanographiques. Mais cela s'est fait aux dépens du programme d'études en eaux profondes. Le programme d'océanographie chimique du golfe et de l'estuaire du Saint-Laurent a été réduit, ce qui a permis de réaffecter une partie des ressources aux deux programmes précédents. Le programme des levés hydrographiques a été maintenu en ce qui concerne la cartographie marine et celle des ressources, et on y greffera un groupe de préparation des cartes, anciennement rattaché à l'administration centrale d'Ottawa. Le Laboratoire a pris la responsabilité de la majeure partie des activités de surveillance régionale de l'immersion des déchets en mer, surveillance confiée aux Sciences océaniques et aquatiques en vertu de la Loi sur l'immersion de déchets en mer. C'est le bureau régional du Service de la protection de l'environnement qui délivre les permis et s'occupe de l'administration.

Les changements d'organisation et de programme, survenus pendant une période de restrictions, ont provoqué des bouleversements que notre personnel a su affronter, mais nous devons trouver d'autres appuis pour que le Laboratoire mène à bien sa mission.

Nos spécialistes du Laboratoire océanographique de l'Atlantique ont joué le rôle de conseillers au sein de groupes de travail, de groupes d'experts-conseils, de comités consultatifs, etc., auprès des universités, des entreprises privées, de

ministères fédéraux et provinciaux et auprès d'organismes internationaux. Mentionnons le ministère de l'Environnement (devenu le ministère des Pêches et de l'Environnement), le ministère des Transports, la Nova Scotia Research Foundation, le Conseil national de recherches du Canada, Huntec (1970) Ltd., la Newfoundland Oceans Research and Development Corp., le Bay of Fundy Tidal Power Review Board, l'Organisation intergouvernementale consultative de la navigation maritime, la Commission internationale pour l'exploration maritime, la Commission océanographique intergouvernementale et le Comité scientifique pour les recherches océaniques du Conseil international des unions scientifiques. Nous avons travaillé en étroite collaboration avec le département d'Océanographie de l'université Dalhousie et la section d'Océanographie de l'université du Québec, à Rimouski. Toutes ces activités sont le reflet fidèle du travail accompli au Laboratoire océanographique de l'Atlantique et contribuent à la mise en oeuvre du programme par les échanges qu'elles favorisent avec un grand nombre de personnes intéressées à la question des mers.

*Le Directeur intérimaire
Laboratoire océanographique de l'Atlantique*

A handwritten signature in cursive script, reading "C.R. Mann", with a horizontal line underneath.

C.R. Mann

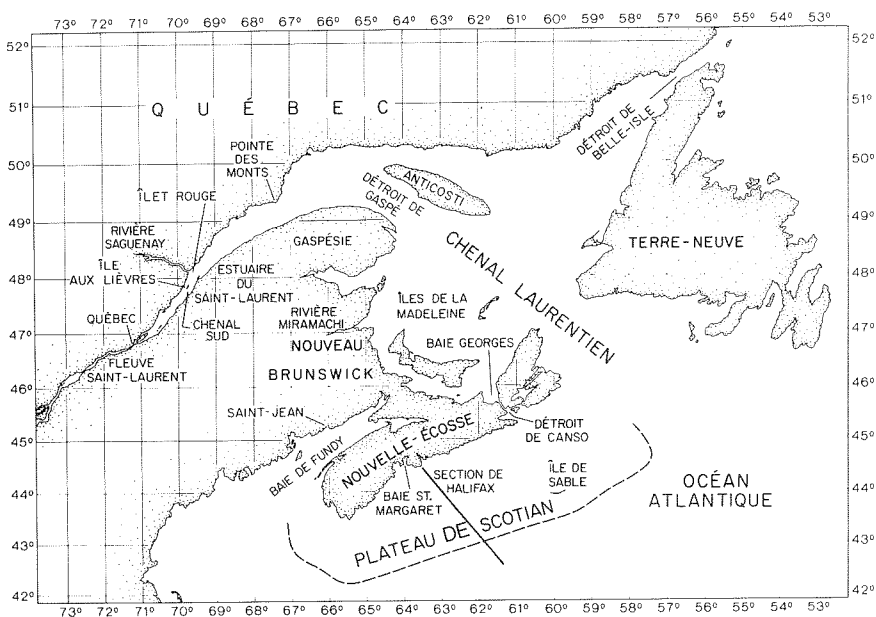


Océanographie chimique

La Division de l'océanographie fait porter ses études sur le comportement des espèces chimiques dans les eaux estuariennes, sur les éléments nutritifs, les processus biologiques et physiques, les échanges gazeux à l'interface océan-atmosphère, les variations de concentration des isotopes, les mécanismes de transport, la pollution du milieu marin par le pétrole, les résidus organohalogénés et les métaux lourds.

La Division oriente ses travaux vers la réalisation de programmes alliant la recherche fondamentale et la recherche appliquée dans les domaines d'intérêt national et international. Au nombre des travaux importants, il y a eu l'étude de l'écoulement de divers éléments dans l'estuaire du Saint-Laurent. Les facteurs exerçant une action sur le comportement et le transport des espèces chimiques, qu'ils soient eux-mêmes chimiques, physiques ou biologiques, ont fait l'objet d'études intensives, en particulier dans le secteur du fleuve compris entre Québec et Pointe-des-Monts. Parallèlement, la Division étudiait les rejets de mercure industriel dans les secteurs côtiers.

Les zones étudiées s'étendent de l'Arctique à l'île de Sable, et de l'Atlantique Nord jusqu'aux côtes occidentales de l'Afrique. Notre travail nous a conduits par exemple à étudier l'absence de glace en certains endroits de l'Arctique, de même que les remontées d'eau profonde et la teneur en matières organiques au large du Sénégal, en fonction de la pêche. Nous avons terminé une étude de 5 ans sur l'existence et la distribution des résidus pétroliers dans l'Atlantique Nord.



Le golfe Saint-Laurent et le plateau de Scotian. (LOA 4152)

La Division a joué un rôle important sur le plan international, notamment par ses études sur le droit de la mer et ses travaux avec la Commission océanographique intergouvernementale, le Comité scientifique pour les recherches océaniques, l'Organisation intergouvernementale consultative de la navigation maritime, l'Organisation météorologique mondiale et le Conseil international pour l'exploration de la mer.

A. Walton

CHIMIE INORGANIQUE

Métaux lourds dans l'estuaire du Saint-Laurent. — Nous avons mené deux expéditions dans l'estuaire du Saint-Laurent et le fjord du Saguenay pour déterminer les volumes de métaux entraînés dans ces secteurs. Une partie des métaux entraînés par le Saint-Laurent à la hauteur de Québec est emprisonnée dans l'estuaire alors que le reste est recirculé, de sorte que le degré de variation dans le temps des métaux à l'état de traces introduits dans le milieu marin est réduit. Ce phénomène s'explique en bonne partie par les caractéristiques océanographiques et géologiques de l'estuaire, notamment la zone de nébulosité dans le régime d'eau à faible salinité de l'estuaire, occasionnée par des matières en suspension (voir la photo). Ce «maximum de turbidité» est un phénomène courant des estuaires dont les eaux douces et salines ne sont pas complètement mélangées ni complètement séparées (ou stratifiées). Le maximum de turbidité du Saint-Laurent paraît jouer un rôle important dans l'élimination et la recirculation des métaux à l'état de traces dans l'estuaire; c'est pour cette raison que son mode de formation et son importance géochimique font l'objet d'études plus poussées. Dans le fjord du Saguenay, il se produit, dans la colonne d'eau, une suppression semblable des métaux à l'état de traces, notamment le fer et le mercure. La rivière Saguenay contient des quantités assez importantes de ces deux éléments, la moitié du fer et presque tout le mercure paraissant être contenus dans les sédiments du fjord. Au contraire du fer, dont la plus grande partie est d'origine naturelle, le mercure provient surtout d'effluents industriels de la région. Il s'ensuit une forte pollution des sédiments du fjord, qu'on ne pourra probablement réduire que par l'enfouissement des couches contaminées. La contamination de l'eau, évidente en 1973, avait diminué en 1975 par suite de la réduction des quantités de mercure déversées dans le fjord et sous l'effet de l'écoulement naturel de la rivière.

Plateau continental de Scotian. — Une étude de la distribution et du comportement des métaux dans l'Atlantique Nord, au large des côtes de la Nouvelle-Écosse, a montré que la composition des eaux du plateau continental est à peine modifiée par les eaux de ruissellement ou d'autres effets d'origine terrestre. Il se produit bien des variations spatiales systématiques de la composition de l'eau jusqu'à 400 kilomètres du littoral, mais qui se rattachent surtout à des processus géochimiques naturels et à la circulation des eaux. Les effets à grande échelle de l'introduction de métaux ayant pour origine l'activité humaine ont une importance réduite et sont d'ailleurs presque indétectables.

Géochronologie sédimentaire. — Des recherches ont lieu pour connaître la vitesse de sédimentation récente et la géochronologie des sédiments côtiers. Les données recherchées sont indispensables pour comprendre les processus marins et les processus géochimiques sédimentaires qui s'y relient, et elles permettront d'avoir un



Photo (ERTS) de l'estuaire du Saint-Laurent. À noter les zones de grande turbidité, en clair. bon aperçu de l'effet sur les eaux côtières de l'intervention humaine au cours des derniers 150 ans.

La technique de mesure consiste à déterminer l'activité d'un radio-isotope naturel en excès, le ^{210}Pb , en fonction de sa profondeur dans une colonne sédimentaire. On emploie un détecteur à barrière de surface pour le comptage des particules alpha. La radioactivité de fond (avec le ^{226}Ra) est déterminée par la méthode d'émanation gazeuse du radon.

L'analyse en cours des carottes de sédiments prélevées en avril 1976 au cours de l'expédition du CSS *Hudson* dans le fjord du Saguenay devrait aider beaucoup à expliquer la présence du mercure et d'autres éléments à l'état de traces dans ces sédiments. On peut inclure dans cette étude la mesure d'autres radionuclides émettant des particules alpha, notamment ceux de la série des transuraniens. On compte ainsi aborder sous l'aspect quantitatif les problèmes reliés aux processus géochimiques estuariens, au transport des sédiments et à la contamination radioactive du milieu marin.

Interétalonnage. — La Section de chimie inorganique participe à trois entreprises internationales d'interétalonnage. Les travaux ont pour but de permettre la comparaison des résultats des mesures de métaux à l'état de traces par les instituts océanographiques du monde entier. L'une des deux expériences actuellement menées sous l'égide du Conseil international pour l'exploration de la mer porte sur les concentrations en mercure des eaux de mer.

J.M. Bowers, P.A. Yeats, A. Walton, J.N.B. Smith

ÉTUDES MENÉES SUR LES ISOTOPES STABLES

Variations de concentration des isotopes de l'oxygène et du carbone dans l'estuaire du Saint-Laurent et le fjord du Saguenay. — On mesure depuis longtemps les changements de salinité et les variations de concentration de substances dissoutes qu'on estime être non biodégradables, pour connaître les mécanismes de mélange des eaux dans les estuaires. Il existe une nouvelle technique d'analyse, fondée sur le rapport $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ de l'eau. Elle a l'avantage de permettre la mesure directe du mélange des molécules de H_2O dans l'eau marine. Une étude détaillée du mélange des eaux dans l'estuaire du Saint-Laurent, à partir d'échantillons prélevés en 1974, indiquait une variation linéaire des proportions $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ des eaux de surface du fleuve ($-10,3$ parties par mille d'eau de mer normale) dans tout l'estuaire jusqu'aux eaux salées du golfe ($-2,0$ parties par mille d'eau de mer normale). La régularité des variations du rapport $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ en régime estuarien ainsi démontrée, il ne reste qu'à calculer le coefficient de mélange des eaux salées et des eaux douces.

Nous avons aussi fait l'analyse d'échantillons d'eau de surface prélevés dans l'estuaire supérieur du Saint-Laurent et dans le fjord du Saguenay pour déterminer le rapport $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ du CO_2 dissous total, afin de savoir comment s'opèrent les changements de rapport avec un mélange des eaux dans l'estuaire.

Variations isotopiques du carbone dans les saumures de la mer Rouge. — En vertu d'un accord bilatéral conclu entre la République fédérale d'Allemagne et le Canada, et en collaboration avec M. Schoell de l'Institut fédéral des sciences géologiques et des ressources naturelles (Hanovre, R.F.A.), notre Institut s'est livré à l'analyse isotopique du carbone dans le CO_2 dissous total des saumures de la mer Rouge. Les échantillons d'eau ont été obtenus au cours de l'expédition du *Valdivia* en 1972 et soumis à une analyse spectrométrique de masse dans les locaux de l'Institut où le rapport $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ a été calculé. L'étude avait pour but la détermination des rapports génétiques entre les cuvettes de saumure de la mer Rouge (fosses d'Atlantis II, de Discovery et de Chain) à partir du rapport $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ et de la concentration du CO_2 dissous total. Il semble, d'après nos données, que les saumures des fosses de Discovery et de Chain soient dérivées de celles d'Atlantis II et que le faible rapport $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ (-20 parties par mille PDB), de même que les concentrations de CO_2 (10 à 20 ml/l) des fosses de Discovery et de Chain résultent de la précipitation des carbonates en circuit fermé.

REMARQUE. — Le PDB est une solution standard de carbonates préparée à partir du rostre de bélemnites trouvés dans la formation crétacée Peedee en Caroline du Sud.

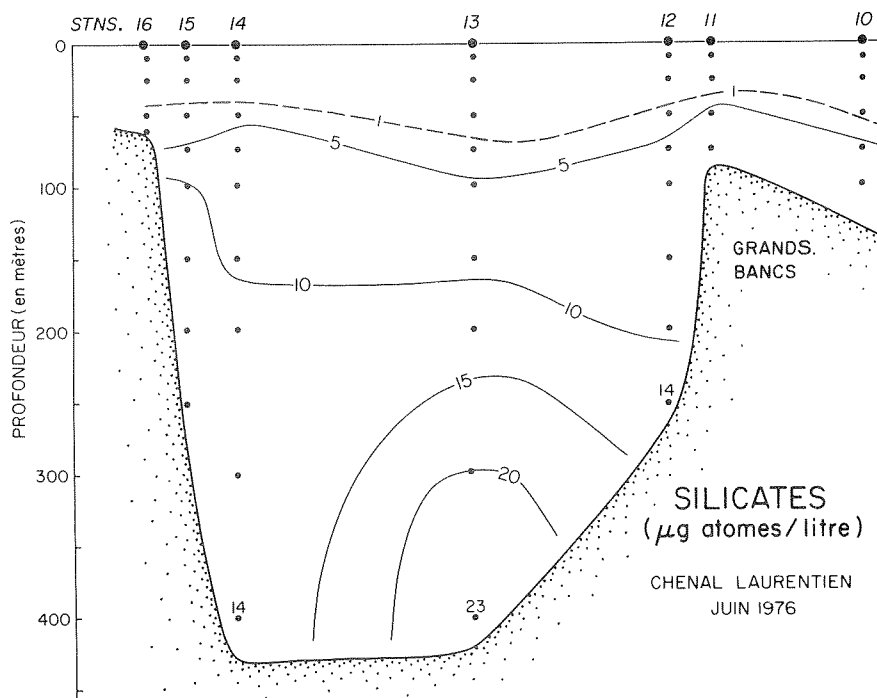
Interétalonnage et perfectionnements techniques. — Pour évaluer la précision des lectures des rapports isotopiques effectuées dans le laboratoire des isotopes stables de l'Institut, nous avons participé à deux expériences internationales d'interétalonnage sous l'égide de l'Agence internationale de l'énergie atomique de Vienne (Autriche) et de l'Institute of Nuclear Sciences, Department of Scientific and Industrial Research, de Lower Hutt, Nouvelle-Zélande. Les résultats ont été analysés à l'occasion de la Conférence internationale sur les isotopes stables, tenue à Lower Hutt en 1976, et à la réunion de 1976, à Vienne, sur les normes à employer pour les isotopes stables et sur l'interétalonnage en hydrologie et en géochimie. Ces expériences ont montré que les résultats des analyses faites à l'Institut correspondent à ceux d'autres laboratoires reconnus dans le monde.

Nous avons fabriqué un système de combustion pour l'analyse des matières carbonées et terminé l'évaluation des techniques requises. Le système servira à l'analyse des rapports $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ du carbone organique total trouvé dans les sédiments du golfe Saint-Laurent de manière à déterminer l'apport des matières organiques d'origine terrestre dans le secteur.

F.C. Tan, P.M. Strain, A. Walton

ÉTUDES SUR LES SUBSTANCES NUTRITIVES

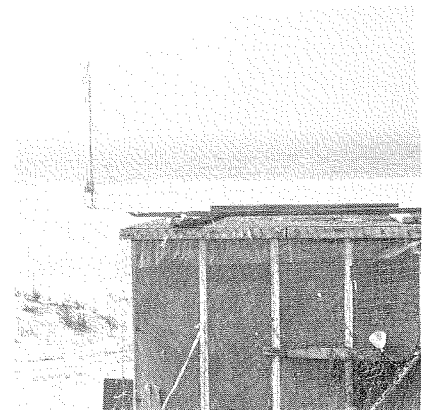
Substances nutritives et productivité biologique du golfe Saint-Laurent. — Des travaux précédents portant sur des transects simples dans le détroit de Cabot ont indiqué un apport net vers l'intérieur de nitrates et de silicates dans le golfe Saint-Laurent au cours de l'été. Pour approfondir l'étude du phénomène, nous avons effectué quatre virées transversales dans le détroit, à des intervalles de 18 heures, en juin 1976. Les données recueillies faciliteront notre évaluation de l'importance des marées sur nos calculs relatifs au transport des matières. D'autres échantillons ont été prélevés en vue d'une analyse de l'azote lié total, ce qui devrait nous permettre de déterminer si la chute saisonnière de la concentration en nitrates dans le détroit est compensée par une hausse de l'azote organique et de l'ammoniaque. Au cours de l'expédition, nous avons établi le profil des eaux du talus, jusque sur les Grands bancs à 55° de latitude nord, et deux autres profils du chenal Laurentien jusque sur le plateau de Scotian. On a laissé entendre, en effet, que le golfe Saint-Laurent contribue de façon importante à l'alimentation du plateau de Scotian en éléments nutritifs.



Profil des silicates dissous à l'entrée du chenal Laurentien; $44^{\circ}37,0'N.$, $57^{\circ}30,0'O.$ à $45^{\circ}20,5'N.$, $54^{\circ}58,0'O.$ (LOA 4125)

Arctique et région nordique. — La Section des études sur les substances nutritives a participé à la première phase du programme d'étude de la mer du Labrador, entreprise par la Division de la circulation océanique. Entre autres, le programme a pour but l'étude de la formation hivernale des eaux profondes dans l'Atlantique Nord. Les concentrations en silicates, phosphates et nitrates sont très uniformes, et c'était prévisible, dans les régions de convection profondes. Le maximum dans le cas des silicates a été observé entre 2 500 et 3 000 mètres.

En août 1976, au cours de la phase I du relevé dans l'Arctique du Centre géoscientifique de l'Atlantique, deux profils de conductivité—température—profondeur ont été préparés et des prélèvements dans des bouteilles ont été effectués, à 82 et 91 °O. dans le détroit de Lancaster. Le deuxième profil en reprend un autre effectué par un groupe de l'université de Washington en 1973 (L.A. Codispoti et T.C. Owens, *Limnol. Oceanogr.*, 20 : 115—119, 1975) afin de vérifier s'il est vrai que l'eau de la mer de Béring s'écoule dans l'Arctique par l'archipel Arctique. Les stations les plus au sud n'ont malencontreusement pu être réoccupées à cause de l'état des glaces.



Le mât aux instruments a été installé sur la plage sud de l'île de Sable (N.-É.), devant quelques curieux de la plage.

Section de surveillance du plateau de Scotian. — Des échantillons d'éléments nutritifs ont été prélevés au cours de deux croisières en 1975, la 75-003 et la 75-028. Pendant la première, les observations ont été faites aux douze stations de la section d'Halifax, de même qu'à cinq autres stations réparties entre le plateau de Scotian et les Bermudes. La deuxième a repris les observations aux stations de la section d'Halifax pour le programme de surveillance. La section d'Halifax s'étend de l'entrée du port de cette ville jusqu'au rebord de la plateforme continentale (voir la figure, page 9).

A. R. Coote

CHIMIE PHYSIQUE

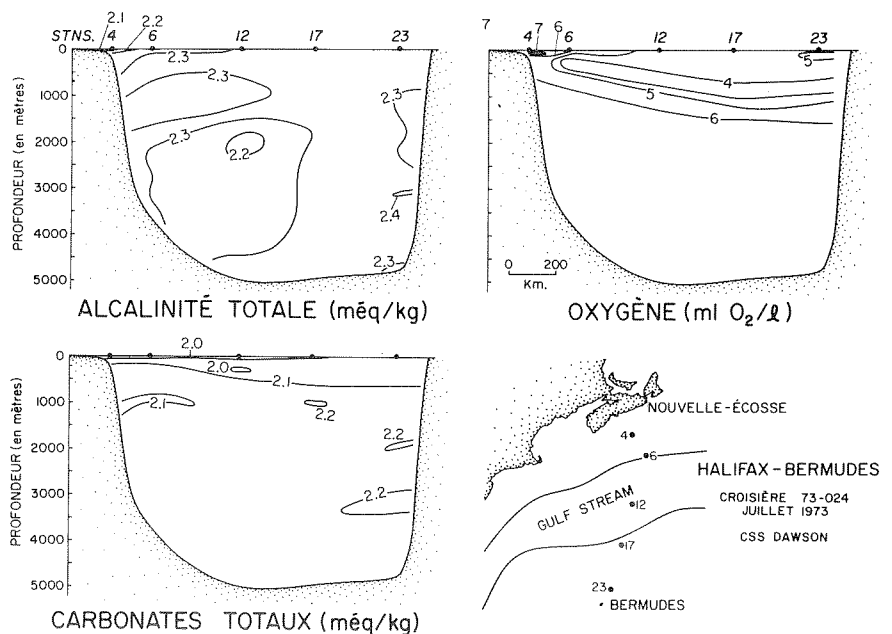
Échanges air-mer. — Les échanges gazeux entre l'océan et l'atmosphère sont des paramètres océanographiques chimiques importants; en ce qui concerne le CO_2 , la mesure est particulièrement utile dans la perspective de modifications climatiques suivant l'augmentation de concentration de ce gaz dans l'atmosphère par l'emploi des combustibles fossiles. La mise au point, en vertu d'un contrat, d'un appareil sensible aux variations de concentration du gaz carbonique par absorption de la lumière dans l'infrarouge, a permis de suivre les échanges de CO_2 , en tenant compte de la vitesse verticale des vents. C'est au cours de travaux sur le terrain, d'une durée de 5 semaines, menés à l'île de Sable au début de l'été 1976, que la première mesure directe de ces échanges gazeux a été effectuée. L'île est longue et étroite (41 sur 1,6 km) et prend la forme d'un croissant vaguement orienté d'est en ouest. Le matériel fut dressé sur la rive sud de l'île pour tirer profit des vents dominants du sud. Les divers détecteurs (pour enregistrer le CO_2 , la vitesse du vent, la température et l'humidité) furent placés au sommet d'un mât de 10 mètres, à quelque 30 mètres de l'eau (voir les photos). Ils étaient reliés par câbles aux instruments et à la source d'alimentation électrique groupés dans un abri, environ 150 mètres plus à l'intérieur.

Le régime du gaz carbonique dans l'eau marine. — Les recherches menées les années passées sur la chimie du cycle du gaz carbonique et de l'oxygène dissous dans les eaux du golfe Saint-Laurent ont été poursuivies et complétées par des recherches analogues faites au large dans l'Atlantique Nord (entre le détroit de Cabot et la région du Gulf Stream au sud des Grands bancs) et dans la région comprise entre la Nouvelle-Écosse et les Bermudes. La section délimitée par Halifax (N.-É.) et les Bermudes englobe les eaux du plateau, du talus, du Gulf Stream, de la mer des Sargasses, ainsi que les eaux profondes de l'Atlantique Nord. En plus de délimiter les masses d'eau, nous pouvons illustrer à partir des données la relation inverse qui existe entre les concentrations de gaz carbonique et d'oxygène dissous, produits et utilisés par la flore et la faune marines. Le palier de saturation en CaCO_3 était à environ 2 000 mètres et il n'existait aucune indication d'une situation de déséquilibre, comme cela fut rapporté dans le Pacifique. L'ensemble de ces études constitue un tableau relativement exhaustif de la chimie du cycle du CO_2 dans les eaux du plateau continental canadien et de la relation entre ces eaux et celles de l'Atlantique.

Gaz dissous. — C'est au cours d'une expédition dans le secteur ouest de l'Atlantique Nord que nous avons mis au point et essayé certaines méthodes analytiques comprenant le traitement de l'eau de mer pour l'en débarrasser du CO_2 dissous total, de l'argon, de l'azote et de l'oxygène dissous, ainsi que la séparation de ces substances et leur dosage par chromatographie en phase gazeuse. Malgré

le fonctionnement normal en mer des appareils de mesure, nous avons éprouvé quelques difficultés d'étalonnage. Dès que nous aurons surmonté ces difficultés, il sera possible de procéder automatiquement, à bord, à l'analyse et au traitement des données sur les gaz dissous dans l'eau de mer.

E.M. Levy, E.P. Jones



La section Halifax-Bermudes. (LOA 4134)

CHIMIE ORGANIQUE

Golfe Saint-Laurent. — Les analyses du carbone, de l'hydrogène, de l'azote et de la lignine dans les sédiments de surface indiquent une variation importante à partir des anses et des fjords jusqu'au centre du golfe. On reconnaît les sédiments à forte teneur en matières organiques d'origine terrestre par la présence de lignine, par des teneurs élevées en carbone organique et par des rapports C/N élevés. Des concentrations en lignine supérieures à 9 parties par mille, équivalentes à 12 p. cent de la matière organique dans les sédiments, ont été enregistrées dans le haut Saguenay et à Corner Brook Harbour à Terre-Neuve. Dans le chenal Laurentien et d'autres eaux du large, le rapport C/N variait entre 6/1 et 12/1 et il atteignait même parfois 40/1 dans les secteurs bordant les moulins à papier. Il semble donc que le transport à la mer de matériel organique terrigène soit très réduit.

Sénégal. — Au cours de l'expédition menée sous l'égide de l'Agence canadienne de développement international au large des côtes du Sénégal, nous avons effectué deux types d'analyses chimiques : des études océanographiques générales,

que nous avons axées sur les remontées d'eau profonde, et des études précises en chimie organique. Dans le premier cas, les mesures de température, de salinité, de teneur en oxygène et en éléments nutritifs ont permis d'établir des cartes délimitant les zones d'appauvrissement et d'enrichissement des facteurs étudiés, qui indiquent les secteurs de remontée des eaux. Les études de chimie organique ont été concentrées davantage sur la mesure du carbone organique, d'une part en particules et d'autre part dissous. La mesure du carbone organique en particules permet d'estimer la quantité de matière organique dont disposent les organismes filtreurs, tandis que l'autre permet d'estimer la quantité de matière organique qui n'est pas directement accessible.

R. Pocklington, J. D. Leonard

POLLUTION DU MILIEU MARIN

Composés organohalogénés. — Les études de détermination des composés organohalogénés dans le milieu marin ont été poursuivies. Les concentrations de PCB dans les eaux de surface du golfe Saint-Laurent (en moyenne 0,8 nanogramme par litre) étaient semblables à celles que l'on a rapportées pour les eaux océaniques du large. Nous n'avons pas détecté de DDT et de DDE (limite de détection : 0,2 nanogramme par litre).

Il y a une étude en cours pour déterminer l'existence de ces composés dans les sédiments marins. Les sédiments marins de différents points de l'Atlantique sont traités au solvant et les extraits sont analysés par chromatographie en phase gazeuse. Ainsi, il sera possible de déterminer les concentrations de fond des organohalogènes et d'en expliquer la variabilité.

Pétrole. — L'enquête menée sur les résidus pétroliers dans l'Atlantique Nord s'est poursuivie. Ces travaux ont permis de mesurer les résidus sous forme de particules flottantes et les résidus dissous ou dispersés. Les analyses des données quantitatives sur la distribution des résidus pétroliers sous forme de particules flottantes, entre 1971 et 1974, ont constitué l'élément le plus marquant de l'étude. Ces données ont révélé que les résidus flottants étaient à toutes fins utiles inexistant dans les eaux situées au nord du système constitué par le Gulf Stream et le courant Nord-Atlantique, tandis qu'on les rencontrait presque partout dans les eaux situées plus au sud. Les concentrations les plus fortes ont été découvertes dans la partie occidentale de la mer des Sargasses. La distribution géographique des résidus a été analysée en termes d'apport provenant du transport maritime et du trafic des pétroliers et en fonction de la circulation en surface. Étant donné la séparation géographique en deux secteurs nettement différents, nous avons choisi un modèle comportant deux cellules pour la description du phénomène dans l'Atlantique Nord. Il fut pris pour avéré que la région la plus au nord ne contenait pas de goudron; dans l'autre, le goudron suivait une distribution logarithmique normale et avait une moyenne géométrique globale de 0,16 milligramme au mètre carré pour la période de 4 ans. À partir de ces données, nous avons pu évaluer que la quantité totale de goudron en surface dans l'Atlantique Nord était de 5 200 tonnes, alors que le temps de séjour moyen était d'environ 2 mois.

E.M. Levy, A. Walton, R. Pocklington, R.D. Smillie, J. D. Leonard

TRAITEMENT DES DONNÉES

Au cours des deux dernières années, la Division d'océanographie chimique est passée de l'emploi de l'ordinateur CDC 3150, pour le traitement à l'Institut des résultats non convertis, au traitement en laboratoire ou sur le terrain, et elle utilise davantage l'ordinateur CDC 6400 de l'université Dalhousie pour accélérer l'analyse des données.

L'expédition au large du Sénégal, subventionnée par l'ACDI, a montré que la Division pouvait se lancer dans un projet de taille dans une région éloignée et produire des résultats rapidement. Des calculs de salinité, de température et de teneur en carbone organique, en hydrogène, en azote et en éléments nutritifs, ont été faits avec l'ordinateur HP 2100A à bord du CSS *Baffin* et ont été transmis par liaison radioélectrique à l'Institut où s'effectue la perforation. Le stockage sur disques des données se fait à l'université Dalhousie. Un ensemble de programmes d'ordinateur interactifs ont permis l'examen, la validation et l'interprétation rapides des données. Enfin, des représentations graphiques des données selon les profondeurs furent produites au moyen du CDC 3150. Le projet entier fut réalisé en moins de 2 mois d'expédition.

Au cours d'une croisière dans l'estuaire du Saint-Laurent au début de 1976, l'échantillonneur Rosette, équipé de détecteurs de la salinité, de la température, de la pression et de l'atténuation optique, a été relié à l'ordinateur de bord HP 2100A pour donner la représentation graphique en temps réel des données.

L'établissement de graphiques demeure la principale utilisation du CDC 3150. Des graphiques de profils et de régions ont été préparés pour presque toutes les variables que la Division a mesurées. Mais la Division cherche encore une formule plus simple d'entrée des données pour ces programmes. Il y a déjà plusieurs années qu'il existe des programmes en vue de réduire la production de données des instruments d'analyse de la Division. Les enregistreurs de données sur bande perforée seront bientôt remplacés par des moyens plus modernes d'enregistrement des données et de calcul.

J.L. Barron

ACTIVITÉS NATIONALES ET INTERNATIONALES

Comme par les années passées, l'Institut a collaboré à des activités scientifiques internationales. Mentionnons le Programme pilote mixte sur la surveillance de la pollution marine de la COI et de l'OMM; les travaux sur l'effet du pétrole dans le milieu marin par le groupe d'experts sur les aspects scientifiques de la pollution marine; et le programme envisagé par la COI, l'OMM et la PNUE (Programme des Nations unies pour l'environnement) en vue de la surveillance des concentrations de fond de certains polluants dans les eaux océaniques du large.

Le travail de coordination de la contribution canadienne au Programme pilote de la COI et de l'OMM a été effectué par la Division, avec l'importante collaboration de ministères fédéraux, dont le ministère des Transports et le ministère de la Défense nationale.

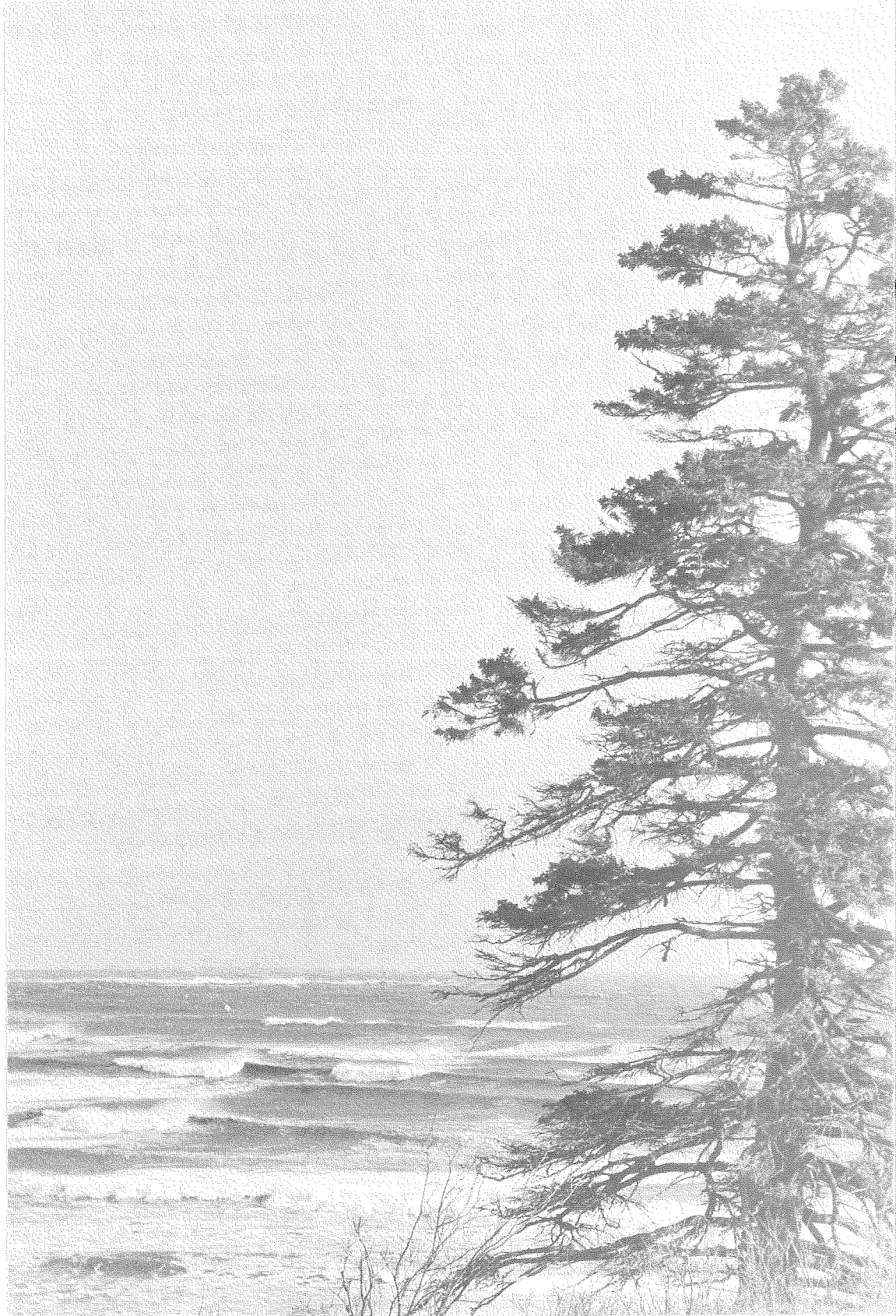
Nous avons apporté un appui scientifique à notre ministère de l'Environnement et au ministère des Transports dans le travail d'amélioration de la Convention sur la pollution marine par les navires (1973) de l'OMCI. Nous avons siégé au Comité de protection de l'environnement marin et au nouveau sous-comité des produits chimiques en vrac.

L'intérêt que nous portons au droit de la mer nous a incités à participer à plusieurs séances de travail locales et à définir des attitudes vis-à-vis de la recherche scientifique en milieu marin, de la pollution des mers et des progrès techniques. La Division a participé aux travaux de deux groupes du Conseil international pour l'exploration de la mer, soit : le groupe de travail sur les éléments de base de la pollution et sur les études de surveillance des territoires couverts par la Commission d'Oslo et par la Commission internationale des pêcheries du Nord-Ouest Atlantique; et le sous-groupe qui étudie les concentrations en contaminants des eaux de mer. Nous avons aussi secondé avec vigueur les travaux du groupe SCOR-46 sur les matières transportées par les rivières dans les océans.

À l'échelle nationale, de nouvelles mesures législatives, particulièrement la Loi sur l'immersion de déchets en mer, ont conduit à un accroissement important de nos responsabilités. En plus du personnel requis pour poursuivre les enquêtes scientifiques à propos de tous les types d'immersion possibles, nous avons eu un représentant au sein du Comité consultatif régional de l'immersion de déchets en mer au cours de la première année.

Nous avons collaboré de près aux travaux qui ont mené à la création par le Conseil national de recherches du Canada (CNRC) d'un Comité de la chimie analytique marine. Nous espérons que le programme des normes applicables à la mer, dont l'exécution est confiée au CNRC, permettra de donner un nouvel essor à la chimie du milieu marin au Canada.

A. Walton, E.M. Levy, J.M. Bewers, R. Pocklington



Océanographie côtière

La Division de l'océanographie côtière continue d'orienter la plupart de ses recherches vers la compréhension des processus physiques caractéristiques de notre région littorale. Nous nous intéressons à un large éventail de problèmes puisqu'une bonne partie de notre travail consiste à améliorer notre aptitude à fournir des réponses aux questions relatives à la gestion des pêches, à la lutte contre la pollution et aux aménagements côtiers. Beaucoup de nos travaux comportent un aspect interdisciplinaire et demandent que des études conjointes soient menées avec la participation de différents groupes de l'Institut ou d'ailleurs.

La Division a poursuivi ses recherches sur les courants et les ondes internes des régions côtières, par exemple dans le fjord du Saguenay, les hauts-fonds des îles de la Madeleine et de la baie St. Margaret. Les recherches ont aussi porté sur les vagues de l'Atlantique Nord et des régions côtières et sur le transport des sédiments à l'embouchure du Saint-Laurent et de la rivière Miramichi.

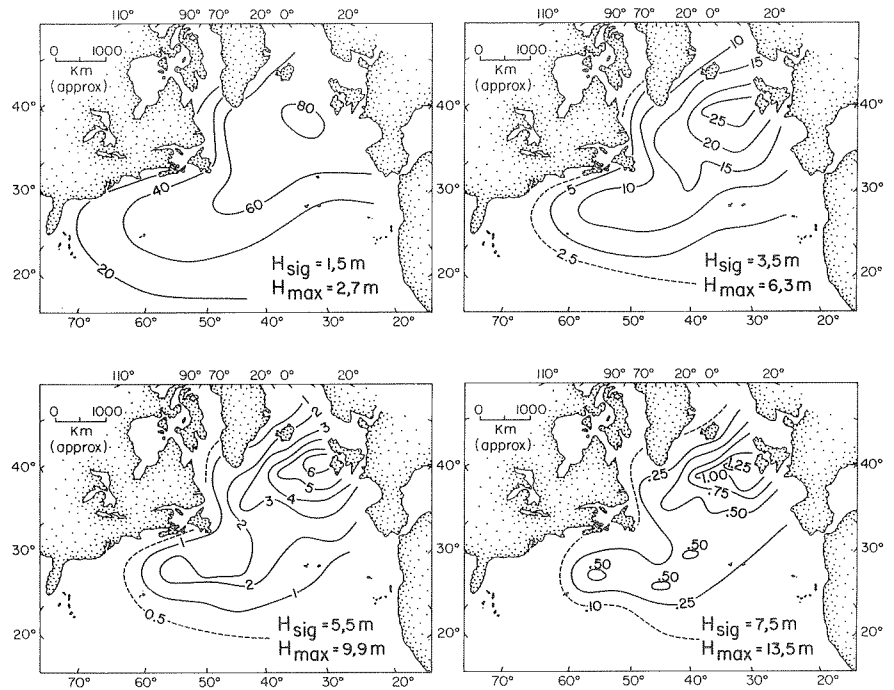
Notre plus récent programme d'enquête sur place porte sur la dynamique du rebord de la plate-forme continentale, au sud de Halifax. Nous observons le mélange des eaux du large, riches en éléments nutritifs, aux eaux du plateau. La Division prépare aussi un programme d'évaluation des incidences de l'immersion de déchets dans l'océan.

Les articles suivants résument nos activités de 1975 et 1976. Depuis le dernier rapport, nous avons réorganisé la Division et tout notre personnel appartient maintenant au Laboratoire océanographique de l'Atlantique.

J.A. Elliot

ÉTUDES DES CONDITIONS AU LARGE

Climat des vagues de l'Atlantique Nord. — Le régime des vagues cause les plus sérieuses difficultés que l'on connaisse dans l'exploitation des océans, et de l'Atlantique Nord en particulier. Dans le domaine de l'exploitation pétrolière, par exemple, c'est ce régime qui détermine le type de plate-forme de forage à utiliser, la façon de l'utiliser et la façon d'extraire le pétrole. Le transport par cargo dans l'Atlantique, la construction de ports et de terminaux en eaux profondes, comme l'installation de réacteurs sur terre et au large, demandent une connaissance précise de l'état de la mer. Pour toutes ces opérations, il faut prévoir quelles interruptions des travaux et quels dangers pour la vie des employés et pour le matériel peuvent être causés par les vagues. Pour aider à l'évaluation de ces facteurs, on a calculé des distributions de dépassement en pourcentage pour des hauteurs de vague significatives (moyenne du tiers supérieur des vagues) et pour leurs valeurs maximales respectives (1,5, 3,5, 5,5, 7,5 mètres pour les premières; 2,7, 6,3, 9,9 et 13,5 mètres pour les secondes). Il suffit d'examiner les cartes qui sui-



Pourcentage du temps pendant lequel la hauteur des vagues dépasse la hauteur de référence (H) dans l'Atlantique Nord (données de 1970). (LOA 4135)

vent pour constater que c'est le long de la côte de l'Amérique du Nord et dans toute la partie sud de l'océan que le risque d'interruption des travaux est le plus faible, tandis que c'est à l'ouest de l'Irlande qu'il est le plus élevé. Pour les vagues de hauteur significative de 1,5 mètre, la probabilité de dépassement près de l'Irlande est de quatre à cinq fois plus grande, et celle des vagues de 5,5 mètres, 12 fois plus grande que dans les régions relativement sûres.

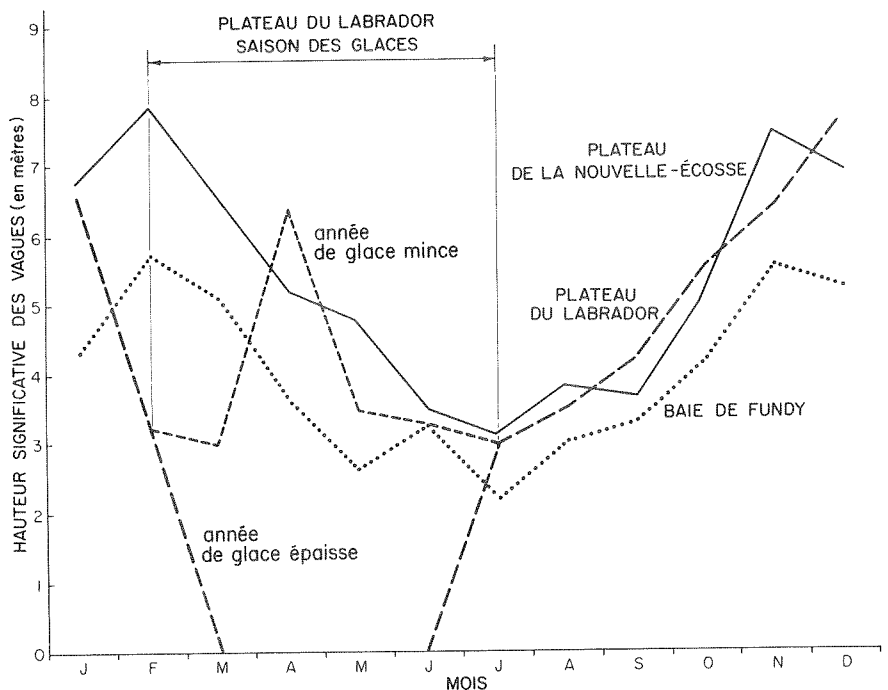
H.J.A. Neu

Climat côtier canadien des vagues. — L'intérêt que portent diverses entreprises gouvernementales et plusieurs entreprises privées aux variations de l'état de la mer le long de la côte atlantique canadienne a favorisé la recherche sur le climat des vagues dans cette région. L'étude de la hauteur maximum des vagues pour l'Atlantique Nord en 1970 a été poursuivie en 1971 et 1972. La variabilité observée au cours de cette période de trois ans a été étudiée avec une attention spéciale dans les secteurs de la mer du Labrador, du plateau continental de Scotian et de la baie de Fundy. Les résultats, exprimés par les hauteurs significatives moyennes mensuelles, sont présentés par un graphique. La variation de la hauteur des vagues dans la mer du Labrador ne ressemble à celle du plateau continental de Scotian et de la baie de Fundy que de juillet à janvier. Le reste du temps, elle est modifiée par deux facteurs propres à cette région, soit la présence d'une couverture de glace et le déplacement printanier du centre de dépression d'Islande qui provoque un basculement des vents d'ouest en nord. Lorsque

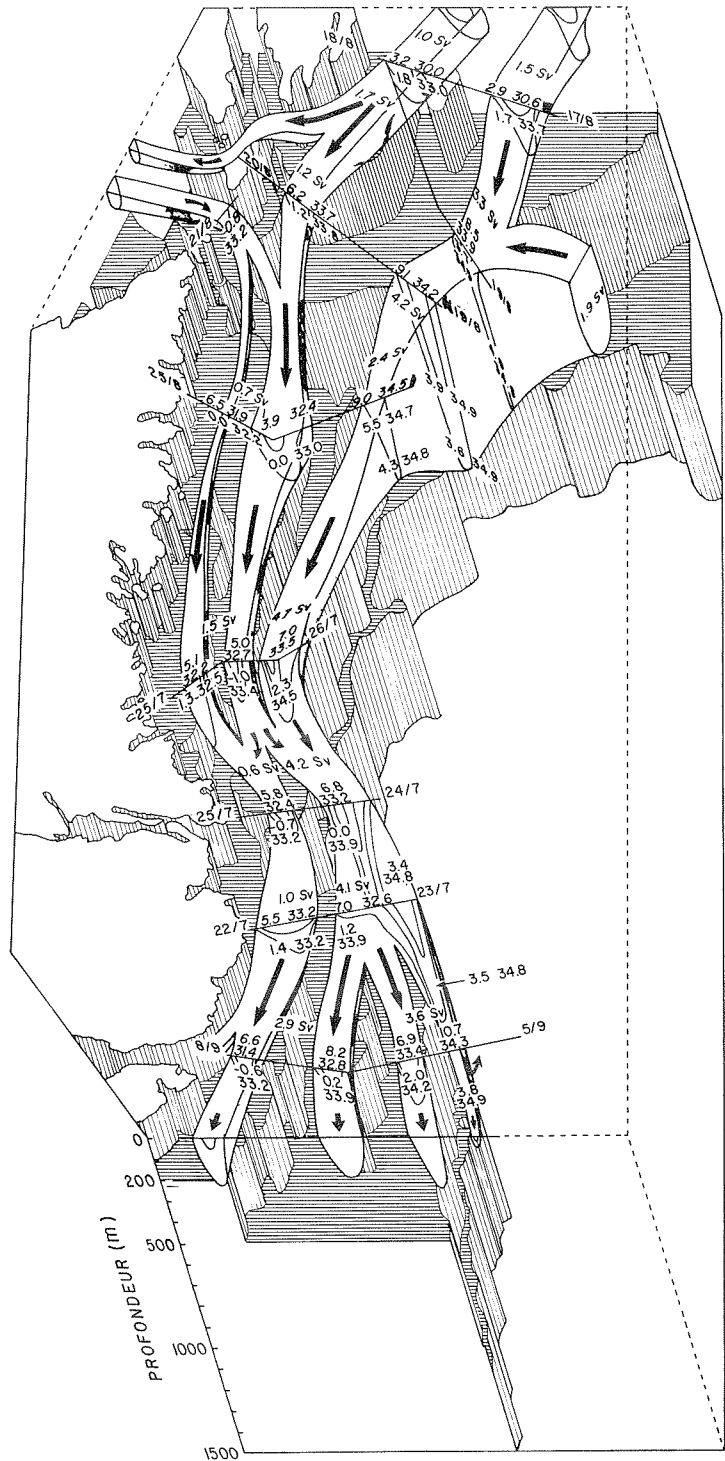
ce phénomène se produit au cours d'une année de glace mince, les conditions sur le plateau du Labrador au printemps peuvent être aussi mauvaises qu'en hiver, surtout durant le mois où se produit le déplacement du centre de dépression (qui peut varier d'une année à l'autre). Les vagues à amplitude maximale sur le plateau du Labrador ressemblent beaucoup, en général, à celles du plateau de Scotian.

L'étude du plateau de Scotian a été prolongée de deux ans : 1973 et 1974. L'analyse des résultats a révélé que 1971 était une année moyenne, alors qu'en 1972 les conditions étaient mauvaises. Pour les cinq années, la hauteur significative de la vague de cent ans a varié entre 16 et 20 mètres, avec une moyenne de 16,5 mètres. Des études de variabilité statistique des paramètres applicables aux vagues durant les tempêtes ont été effectuées sur le plateau de Scotian. Une tempête en particulier, celle des 15 et 16 février 1972, a été étudiée de près par une équipe de spécialistes juste au large de l'anse d'Halifax. Les résultats de l'analyse spectrale et de l'analyse « vague par vague » ont été comparés, et la distribution des hauteurs des vagues et des périodes a été vérifiée. Cette technique sera appliquée à toutes les observations des vagues le long du littoral atlantique.

H.J.A. Neu, P.E. Vandall



Variation annuelle de la hauteur des vagues dans la mer du Labrador, le plateau de Scotian et la baie de Fundy. (LOA 4135)



Vue en perspective du courant du Labrador. (LOA 3896)

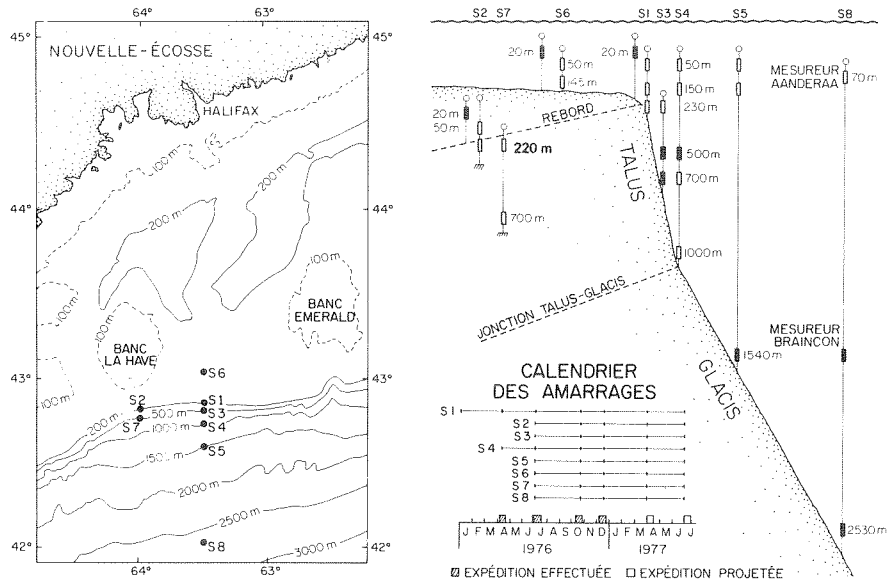
Revue des conditions écologiques de la côte du Labrador. — L'exploitation pétrolière le long de la côte atlantique canadienne a été étendue au plateau continental de Terre-Neuve et du Labrador. Depuis 1971, un nombre accru de forages d'exploration ont donné des résultats positifs, justifiant le prolongement des recherches exploratoires vers le nord. De tels développements rendent impérieuse une révision de l'information existant sur l'écologie de cette région.

La région se caractérise par des glaces épaisses l'hiver, suivies au printemps et à l'été par la descente d'un nombre important de icebergs et par la formation fréquente de bancs de brouillard. Les conditions sont aussi dures qu'en n'importe quel autre point de la côte atlantique canadienne et il n'est pas rare que la hauteur significative des vagues atteigne 8 mètres et que les hauteurs maximales soient tout près de 15 mètres. Les périodes de pointe ont douze secondes. La configuration des courants est modelée par le courant du Labrador, orienté vers le sud. Ce courant est constitué principalement de trois grandes branches (voir la figure) qui prennent origine en des endroits différents et conservent leurs caractères propres sous le jeu des conditions bathymétriques et du champ dynamique dominant. La vitesse des courants moyens dépasse rarement 0,5 mètre à la seconde, mais par endroits elle peut atteindre 3,5 mètres à la seconde. Ces chiffres sont tirés des données de température et de salinité de l'expédition du *Marion* et du *General Greene* en 1928.

Le ruissellement des eaux douces provoque des changements saisonniers dans le courant du Labrador, l'influence la plus grande provenant du ruissellement de pointe de la baie d'Hudson.

J.B. Matthews, H.J.A. Neu, P.E. Vandall, F.J. Jordan

Programme d'étude de la dynamique du rebord de la plate-forme continentale. — La Division de l'océanographie côtière mène une expérience sur la circulation et la dynamique des eaux du rebord de la plate-forme continentale de Scotian. Nous avons deux raisons d'entreprendre cette étude. Premièrement, des données fragmentaires et des résultats théoriques indiquent que des courants puissants et des vagues à basse fréquence de grande énergie sont peut-être reliés à la topographie très accidentée du rebord de la plate-forme. Cette région est aussi le lieu d'importants processus de brassage et d'échange entre les eaux océaniques et les eaux côtières. Les quelques données que nous possédons sur la partie limitrophe du plateau de Scotian et de son talus indiquent que la circulation des eaux est dominée par des mouvements de basse fréquence. Nous allons donc effectuer des mesures à long terme au moyen de courantomètres amarrés pour obtenir une description adéquate des processus physiques les plus importants du secteur. L'autre raison pour étudier ces processus a trait aux incidences biologiques immenses de l'interaction des eaux côtières et des eaux du large. Une série récente d'expéditions saisonnières dans les eaux du plateau de Scotian (réalisée en collaboration avec l'université Dalhousie a constamment indiqué des maxima d'activité biologique et de concentration en matières nutritives au voisinage du rebord. Grâce aux données recueillies, nous espérons, avec la collaboration des biologistes de l'université Dalhousie, pouvoir apporter des éclaircissements sur les causes biologiques et physiques de ces distributions.



Amarrage des courantomètres pour l'expérience de la dynamique du rebord. (LOA 4132)

Pour le moment, cette expérience comporte cinq éléments principaux : un réseau de courantomètres amarrés sur le plateau et le talus continental; une série de levés entre 63° et 64° de longitude N., à partir du plateau ($\sim 43^{\circ}$ N.) jusqu'à la limite des eaux du talus ($\sim 41^{\circ}$ N.); l'examen détaillé des eaux à la limite du talus; la collecte et l'analyse de données météorologiques; les tests biologiques. La figure de la page 26 indique les emplacements des courantomètres amarrés. L'emplacement central, le S1, est situé sur l'isobathe de 250 mètres au sud d'Halifax. Le calendrier des amarrages en fonction de ce facteur paraît aussi sur la figure.

P.C. Smith, B.D. Petrie

ÉTUDE DU GOLFE SAINT-LAURENT

Secteur ouest du golfe Saint-Laurent. — L'étude des courants géostrophiques du secteur ouest du golfe Saint-Laurent donne un aperçu de la circulation dans le golfe. Mais pour mieux connaître la dynamique et la variabilité du système des courants, il devient nécessaire de tenir compte du mouvement des eaux en fonction du temps par des mesures directes. Nous avons analysé des données de 1967, 1969 et 1970 de stations dans le détroit de Gaspé et sur les hauts-fonds des îles de la Madeleine. La principale caractéristique de l'estuaire inférieur du Saint-Laurent est l'important courant qui s'écoule le long de la côte de la Gaspésie à une vitesse maximum de 90 centimètres à la seconde. Sa masse centrale se déplace à l'occasion vers le milieu du chenal et provoque la formation d'un contre-courant près de la rive. À l'embouchure du détroit de Gaspé, le courant s'étale sur les hauts-fonds des îles de la Madeleine. Les courants de ce secteur ont une vitesse de 20 centimètres à la seconde dans la couche superficielle et de

5 centimètres à la seconde près du fond. La direction des courants varie beaucoup et il semble n'exister aucune corrélation apparente entre les données de stations séparées par plus de 20 kilomètres. La durée des courants résiduels (ou moyens) est d'à peu près 3 jours. Pour comprendre le comportement de ces courants variables dans le temps, il faut faire appel à un modèle à deux couches, qui tienne compte de la diffusion de la vorticité. Ce modèle explique comment les courants quasi géostrophiques se créent, se propagent et se dispersent. Les résultats des analyses de régression correspondent assez bien à la théorie.

C.L. Tang

Courants inertiels de dérive aux îles de la Madeleine. — Nous avons analysé les données des courantomètres, recueillies sur les hauts-fonds des îles de la Madeleine à l'automne 1970. Les oscillations inertielles constituaient une caractéristique importante des courants moyens et semblaient se produire en poussées d'une durée de 2 à 3 jours avec des intervalles de repos irréguliers. Le caractère irrégulier du phénomène correspondait à l'instabilité de la pression du vent; nous avons pu établir une corrélation linéaire significative entre la pression du vent et la moyenne quadratique du courant résiduel.

À l'examen, le comportement théorique du système a montré que la réponse transitoire à la pression cyclique du vent était elle-même cyclique, et marquait un léger retard sur l'autre; ceci correspond aux observations. Les résultats donnent à penser que la moitié de la vitesse du courant moyen est due aux vents locaux, sauf dans le secteur du courant de Gaspé où les vitesses sont beaucoup plus élevées et semblent avoir peu de rapport avec les vents locaux.

B.L. Blackford (université Dalhousie)

Inégalités d'échelle moyenne aux îles de la Madeleine. — C'est en juillet 1972 que le Batfish CTD (profileur conductivité—température—profondeur), de construction récente, a été remorqué suivant un quadrillage dans les hauts-fonds des îles de la Madeleine dans le golfe Saint-Laurent. L'instrument a bien fonctionné : dans un minimum de temps, il a fourni une quantité considérable de données. La pycnocline variait un peu partout dans le territoire exploré, ce qui indique sans doute l'existence de méandres et de tourbillons océaniques superposés à une circulation moyenne. Cependant, chaque sous-section du quadrillage prenait plusieurs heures à être couverte et il est probable que les résultats étaient modifiés partiellement par des marées internes.

S.J. Reid

L'estuaire du Saint-Laurent. — L'embouchure de la rivière Saguenay dans l'estuaire du Saint-Laurent forme un système complexe de chenaux, de bancs et de seuils. Nous venons d'analyser des données recueillies au cours d'une exploration intensive avec deux bateaux au début de juillet 1973. Il y a des indications d'un mouvement d'eaux profondes du chenal Laurentien, à travers le chenal sud, mouvement qui franchit un seuil dans les sections amont de l'estuaire. Mais un fait peut-être plus important encore a été observé, soit la formation d'une masse considérable d'eau relativement homogène au-dessus et en aval du seuil,

entre l'îlet Rouge et l'Île-aux-Lièvres. La salinité de cette masse est d'à peu près 28 parties par mille dans une couche de 40 mètres ou plus; cette masse d'eau semble contenir une part substantielle d'eau provenant de la couche intermédiaire froide et d'au-dessous. Cette circulation pourrait constituer une source importante de l'alimentation en matières nutritives dans la région.

S.J. Reid

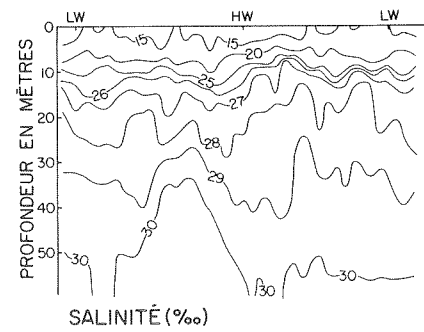
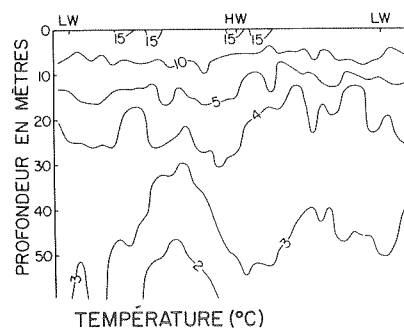
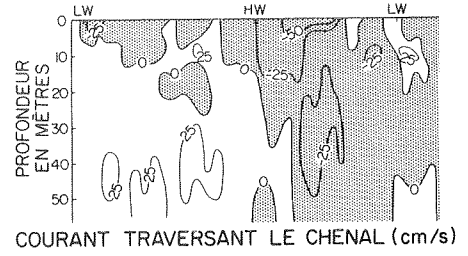
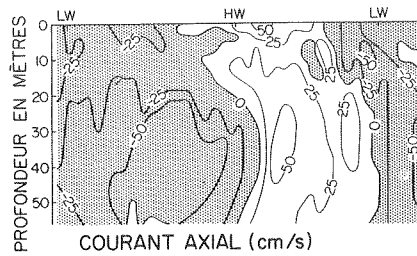
ÉTUDES CÔTIÈRES

Fjord du Saguenay. — Le fjord du Saguenay rejoint l'estuaire du Saint-Laurent à 180 kilomètres environ en aval de Québec. Le fjord a 120 kilomètres de longueur, sa largeur varie de 1 à 6 kilomètres, et il se compose de plusieurs bassins allongés et profonds, séparés par des seuils élevés. Sur une longue période, la circulation moyenne de surface (les 20 mètres supérieurs) semble correspondre à celle des autres fjords profonds, très stratifiés. L'eau douce déversée à la tête du fjord devient progressivement saumâtre à mesure qu'elle se mélange à l'eau de mer provenant d'au-dessous; le rapport eau salée/eau douce peut atteindre 30/1. Lorsqu'on le compare aux autres fjords aux seuils élevés, celui du Saguenay semble présenter une anomalie : ses bassins profonds sont toujours bien oxygénés, à tel point que la teneur en oxygène des eaux dans les bassins d'aval est généralement supérieure, à profondeur égale, à ce qu'on trouve dans les eaux situées du côté opposé du seuil principal, vers la mer.

En juillet 1975, nos travaux ont porté en majeure partie sur les biefs d'aval du fjord, particulièrement sur le territoire compris entre les deux principaux seuils. Un profil formé par six stations a été occupé à six moments distincts des mouvements de marée. Nous avons pris les profils de température, de salinité et des courants horizontaux à deux stations. Les données de l'une de ces stations (sur le second seuil) sont présentées dans la figure suivante. À la marée montante comme à la marée descendante, et à une profondeur quelconque, disons 40 mètres, la salinité augmentait et la température diminuait, témoins du mouvement au-dessus du seuil d'une eau à densité croissante. L'isohaline à 30 parties par mille a atteint son point le plus élevé à 35 mètres durant la marée montante, et un volume considérable d'eau à une salinité supérieure à 30 parties par mille a apparemment franchi le seuil.

La salinité et la température ont aussi été mesurées à des stations de part et d'autre du seuil et en travers du bassin profond jusqu'au seuil principal du Saguenay. Dans le fjord, l'isohaline de 30 parties par mille avait une profondeur moyenne de 70 mètres environ, soit au voisinage du sommet du second seuil. Ainsi, l'eau circulant au-dessus du second seuil était en bonne partie une eau dont la profondeur d'équilibre était plus basse que le seuil. Ce processus revêt une grande importance pour le renouvellement des eaux profondes du fjord. Le mécanisme responsable de cet échange semble être la pente de la surface de la mer nécessaire pour que les eaux de marée franchissent le seuil. Le relèvement des isopiches contre le seuil semble juste suffisant pour compenser en eaux profondes la variation de pression à la surface. Le même phénomène se produit de façon plus marquée au seuil qui se trouve à l'embouchure du Saguenay, à seulement 20 mètres de la surface. Ici, nous avons observé à la marée montante, à l'extérieur du seuil, des eaux à 0 °C, qu'on ne rencontre normalement dans l'estuaire qu'à plus de 40 mètres de profondeur.

G.H. Seibert, S.J. Reid, R.W. Trites



Vitesse des courants, température et salinité au cours d'un cycle de marée, sur le second seuil du fjord Saguenay, 17-18 juillet 1975. (LOA 4112)

Génération d'ondes internes par l'écoulement des eaux de marée par-dessus les seuils. — Des ondes internes ayant la fréquence des marées sont couramment observées dans les régions côtières. Le secteur voisin de l'embouchure du Saguenay semble être le point où se produit la génération des ondes internes et constitue également une région de remontée des eaux profondes.

Nous avons fait une étude des mécanismes de génération des ondes internes et créé un modèle théorique simple pour expliquer le mécanisme possible de génération non linéaire des ondes. Nous croyons que la surface libre déformée au voisinage du seuil est le mécanisme d'actionnement des ondes internes. Le modèle prédit que les ondes internes devraient être produites à la fréquence des marées, de même qu'au double de cette fréquence. Il prédit aussi que l'amplitude des ondes correspondant au double de fréquence varie avec le carré de la surface du courant de marée franchissant le seuil. Il prédit enfin l'existence d'une élévation constante de l'interface au voisinage du seuil. Ces prédictions ont été comparées à des observations sur le terrain dans deux systèmes de fjords naturels et à des données obtenues en laboratoire dans un bassin d'ondes. Les résultats de la comparaison sont encourageants; ils suggèrent en outre que le mécanisme proposé dans le modèle peut être important pour la production des ondes internes et la forte remontée des eaux dans le système constitué par le fleuve Saint-Laurent et le Saguenay.

B.L. Blackford

Étude du phytoplancton de la baie St. Margaret. — Nous avons participé à ce projet d'une durée d'un an, en installant un réseau de quatre amarrages comprenant neuf courantomètres en fonctionnement pendant neuf semaines au printemps de 1975. L'analyse des données a été réalisée dans notre centre de traitement des données. Les résultats préliminaires indiquent une bonne corrélation entre l'apparition en plaques du phytoplancton et les fluctuations à haute fréquence ($>0,2$ cycles à l'heure) du courant au cours des jours précédents.

D.J. Lawrence

Relevé écologique du détroit de Canso. — Le relevé, commandé par le ministère des Transports et réalisé par le ministère des Travaux publics, a porté sur les conditions du milieu, précisément sur les vagues, la hauteur des marées et les courants du détroit, dans la mesure où ils se rapportent à la navigation et à la construction des quais d'un «superport». La Division a collaboré à ces travaux et compilé les données des courantomètres.

L'étude a révélé que les courants permettaient la construction des quais, mais elle a aussi dévoilé plusieurs phénomènes intéressants et inexplicables. Le plus remarquable, peut-être, est la reconfirmation d'observations antérieures (Lawrence et coll., 1973; BI-R-73-6) voulant que des courants unidirectionnels puissants (40 centimètres à la seconde) pouvaient persister pendant plusieurs jours en certains points du détroit. Ces courants n'ont aucun rapport avec les vents locaux mais peuvent tirer leur origine des champs de vent plus importants qui surplombent le plateau de Scotian. Le relevé n'a pas découvert d'énergie importante dans les courants dont la période varie entre 30 et 2 minutes, un groupe de courants jusqu'ici inexplorés dans le détroit.

D.J. Lawrence

Baie St-Georges. — Nous avons amarré un courantomètre et mené une étude hydrographique dans la baie St-Georges en 1974 et en 1975, parallèlement à une étude biologique faite par le LEM. La circulation générale dans la baie est dominée par un tourbillon océanique anticyclonique, la présence d'un goulet et parfois un fort écoulement d'eau dans le secteur ouest de la baie. Les mauvaises corrélations horizontales et verticales des courants rendent virtuellement impossible l'estimation juste des mouvements d'entrée et de sortie d'eau dans la baie. Une courte étude (sur les lieux) du profilage des courants et de mesure de la température a été effectuée durant l'été de 1976.

B.D. Petrie

Études des particules de matière dans les estuaires. — Notre laboratoire de granulométrie effectue les analyses utilisées dans l'étude des particules de matière dans l'océan, spécialement les matières en suspension et les matières sédimentées des régions côtières. Le gros du travail se fait en granulométrie. Un compteur Coulter est employé pour toutes les analyses de routine; une attention spéciale est accordée à l'analyse de la distribution des particules habituellement floculées, formées naturellement, et à celle des granules minéraux d'origine inorganique, défloculés et calcinés. Nous avons mis au point l'année dernière une méthode d'analyse de routine des échantillons sédimentaires, qui permet la comparaison directe des matériaux en suspension et des sédiments. Pour ce faire, nous avons

dû fabriquer un tube de verre modifié pour le compteur Coulter, d'une plus grande capacité d'échantillonnage et avec une meilleure isolation électrique.

Les échantillons traités au cours des deux dernières années provenaient en majeure partie des estuaires et des rivières qui se jettent dans les estuaires. Les résultats de la plupart des analyses sont versés dans un fichier de référence et sont employés aussi pour la recherche en cours. Nous avons répondu à un grand nombre de demandes de renseignements provenant de l'extérieur, renseignements portant surtout sur les techniques générales d'analyse granulométrique et sur des problèmes écologiques particuliers dans les provinces Atlantiques.

Nous avons terminé l'analyse du matériel et l'interprétation des données recueillies en 1973 et 1974 dans la baie de Miramichi. Le but principal de cette étude était de connaître en détail la distribution granulométrique naturelle et les mécanismes de formation des particules. Dans les eaux de rivière, les particules organiques sont généralement floculées et les particules inorganiques, non floculées. Dans les estuaires, l'action des marées et la circulation en deux couches provoquent une augmentation de concentration des matières organiques, accompagnée d'une floculation de ces matières en partie avec des matières organiques. Il semble que la salinité, la concentration des granules inorganiques et le rapport matières organiques/matières inorganiques soient les facteurs dominants de la floculation, mais leur importance relative n'a été que partiellement établie.

Nous étudions la distribution et les mouvements des particules de matière dans l'estuaire du Saint-Laurent, conjointement avec le Marine Sciences Centre de l'université McGill. L'analyse préliminaire des mesures physiques, biologiques et sédimentologiques, réalisée au cours de deux croisières, montre une séparation des eaux en masses caractérisées par leur salinité, leur concentration totale en matières en suspension et leur écologie planctonique. Les eaux de rivière contiennent du plancton dulcicole et une abondance de floccs organiques. Le fort brassage et l'établissement d'une circulation en deux couches dans l'estuaire supérieur sont liés aux matières en suspension, partiellement floculées, à fine granulométrie et à forte concentration totale, surtout dans le secteur de turbidité maximale. Le plancton dulcicole ne survit pas dans ce secteur et semble augmenter la charge élevée de détritiques organiques. Le secteur aval du Saguenay est caractérisé par la remontée d'eau très salée ne comportant pas de particules et provenant de la couche intermédiaire froide du golfe Saint-Laurent, et par l'apparition d'un plancton entièrement marin.

K. Kranck

ÉTUDES COMPLÉMENTAIRES

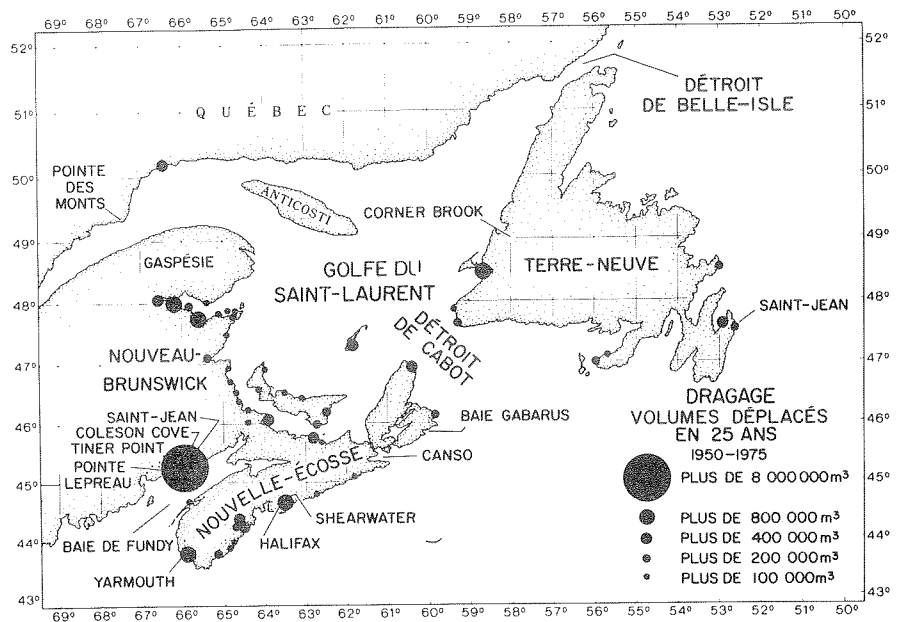
Loi sur l'immersion des déchets en mer. — Tôt en 1976, le Parlement a voté une loi pour la surveillance de l'immersion des déchets par bateaux dans les eaux côtières. Depuis, la Division de l'océanographie côtière a joué un rôle de conseiller auprès du Comité consultatif régional sur l'immersion en mer à propos des caractéristiques physiques des points proposés d'immersion et pour l'estimation des conséquences physiques de l'immersion. La Division a aussi réuni les commentaires des spécialistes en océanographie biologique, géologique et chimique et en hydrographie pour les communiquer au comité. Jusqu'ici, à peu près 70 demandes ont été étudiées. Sauf trois, toutes recommandent l'immersion des sédiments dragués, dans des quantités variant entre 1 500 et 200 000 mètres cubes (voir la figure). Deux demandes avaient trait au sabordage de navires en

mer et une autre proposait l'utilisation de sable radioactif dans une zone de bas-fonds pour suivre le mouvement des sédiments. Des plans sont en voie d'élaboration pour l'étude des phénomènes reliés à l'immersion des déchets en mer, en particulier ceux qui peuvent entraver la productivité des pêches, tels la turbidité et l'envasement. Un plan d'estimation du transport des matériaux de fond par du matériel de dérive sur les fonds marins est présentement à l'étude.

D.S. Bezanson, H.J.A. Neu

Compte rendu des effets écologiques. — À la demande d'organismes fédéraux et provinciaux, un grand nombre d'enquêtes et d'estimations portant sur l'état de l'environnement ont été menées. Les principales études ont porté sur la centrale nucléaire de Lepreau (Nouveau-Brunswick), sur la structure du canal d'alimentation et du canal de décharge des eaux de refroidissement de la centrale thermique de Coleson Cove (Nouveau-Brunswick), sur l'amélioration du chenal de Miramichi (Nouveau-Brunswick), sur la forme du brise-lames de Gabarus (Nouvelle-Écosse), sur la construction du quai public du détroit de Canso (Nouvelle-Écosse), sur le second quai à conteneurs d'Halifax et sur le port pour superpétroliers de Tiner Point (Nouveau-Brunswick).

Cette dernière enquête a été menée dans le secteur de Saint-Jean, au Nouveau-Brunswick, dans la baie de Fundy. Après des recherches importantes, nous en



Dragage sur les côtes atlantiques du Canada. (LOA 4149)

sommes venus à la conclusion que les forces en présence dans cette région de la baie de Fundy, particulièrement les courants et les vagues, sont nettement plus importantes que ne l'a supposé l'expert consulté pour la construction et l'exploitation du quai. Un autre facteur négligé dans l'étude des plans et des

modèles est le fait que le courant rend les eaux très mouvementées, ce qui complique singulièrement les manoeuvres d'accostage et les rend même dangereuses. Il en découle que l'adoption du plan proposé de quais fixes entraîne un risque écologique plus élevé, pour ce qui concerne les déversements importants de pétrole, que l'utilisation d'un poste d'amarrage flottant (par exemple une bouée d'amarrage à point unique).

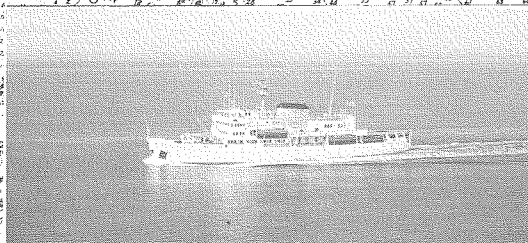
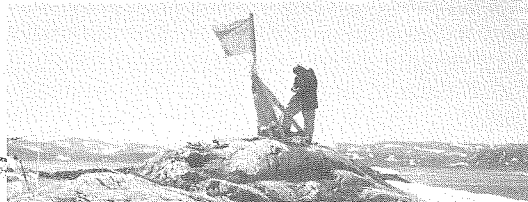
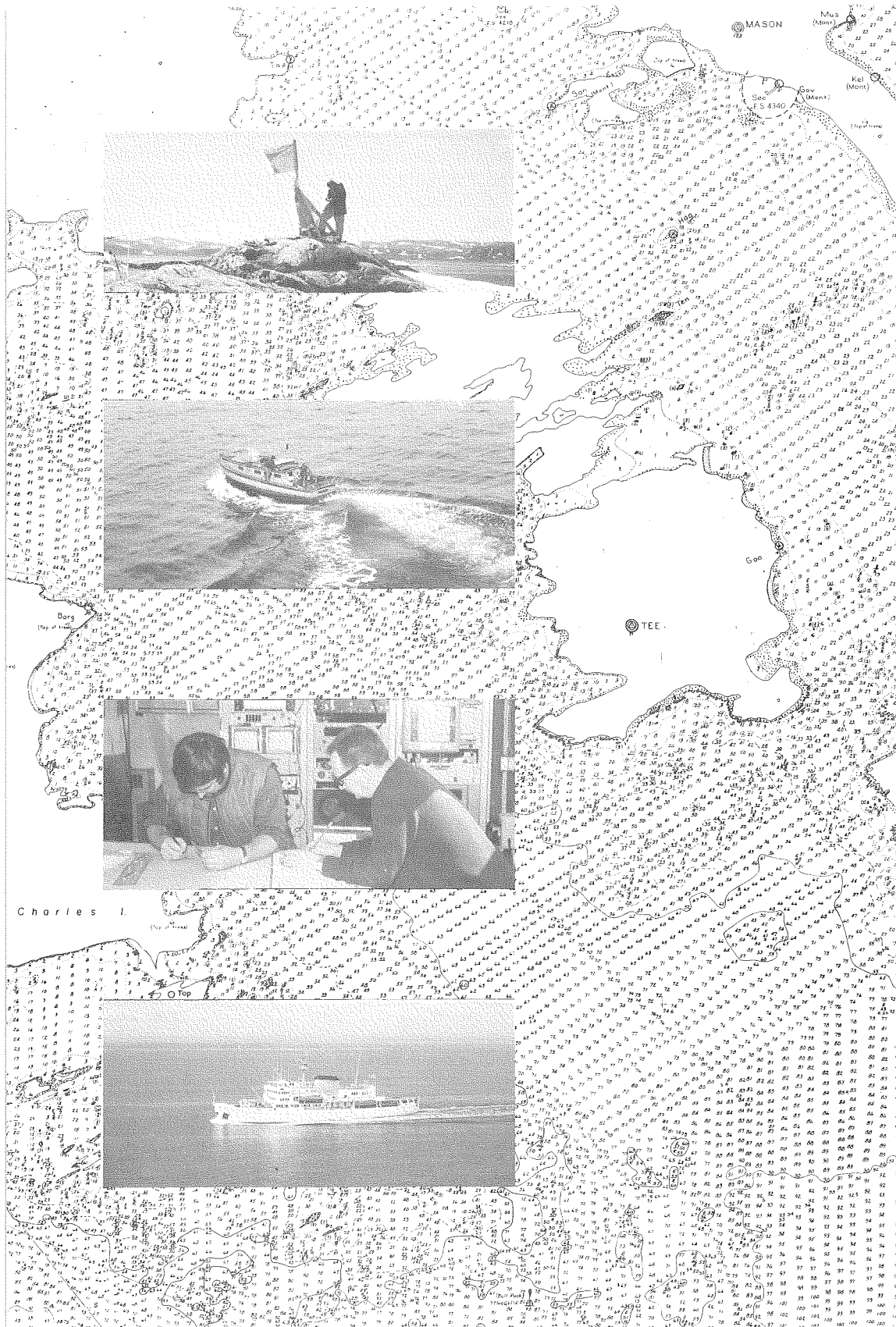
H.J.A. Neu

Téledétection de la salinité de surface. — Des études préliminaires ont été conduites afin de déterminer s'il est judicieux d'employer la radiométrie passive UHF (ultra-hautes fréquences) pour effectuer des mesures de salinité à distance. Le travail préliminaire a été réalisé en bonne partie par SED Systems Ltd. de Saskatoon et l'évaluation même a été faite à l'Institut. Les résultats indiquent qu'une réponse optimale s'obtient entre les fréquences 200 et 400 mégahertz pour des couches de l'ordre de quelques centimètres. Cette réponse est basée principalement sur la conductivité de l'eau, de sorte qu'il est important de prendre des mesures indépendantes de température pour déterminer la salinité. Au moyen d'un radiomètre (IR) pour la lecture de la température, la mesure de salinité est précise, au mieux, à environ 0,5 p. cent. Cette faible précision, ajoutée aux limites inhérentes à l'exploitation du système, réduit sérieusement l'utilité de cette technique; aussi envisageons-nous d'autres possibilités.

P.E. Vandal

Autres activités de soutien. — Comme par les années passées, la Division de l'océanographie côtière a collaboré avec d'autres groupes de l'Institut en assurant l'entretien des courantomètres, des profileurs salinité-température-profondeur, des amarrages et d'autres pièces d'équipement, comme en assurant la conversion des données de courantomètres et des profileurs.

La Division réalisa deux études océanographiques pour des clients de l'extérieur : dans un cas, ce fut l'échantillonnage saisonnier de la «Section Halifax» pour la Commission internationale des pêcheries du nord-ouest atlantique; dans l'autre cas, il y eut une expédition en vue d'établir des prévisions sur l'état des glaces à l'intention du Service de l'environnement atmosphérique; cette expédition a lieu chaque mois de novembre dans le golfe Saint-Laurent afin de réunir les données qui serviront à faire les calculs de prévision.



Hydrographie

La période 1975-1976 a été féconde pour la Division de l'hydrographie. En plus de son travail habituel au sein du Service canadien d'hydrographie, la Division a réalisé plusieurs travaux présentant un intérêt économique pour le Canada; mentionnons notamment :

- des relevés des marées sur la bordure du plateau continental pour documenter une étude du potentiel électrique des marées de la baie de Fundy;
- la mise au point d'un système de radio-navigation Loran—C pour la côte ouest canadienne relativement au projet de transport maritime du pétrole de l'Alaska vers les ports ouest-américains;
- la cartographie en profil des tracés possibles des pipelines et la cartographie des corridors de transport du gaz naturel et du pétrole dans l'est de l'Arctique;
- la cartographie des ressources naturelles de la mer du Labrador pour l'exploration pétrolière, les pêches et la compilation de cartes marines (voir Reconnaissance régionale, Centre géoscientifique de l'Atlantique);
- la cartographie de la voie navigable de la baie de Miramichi (N.-B.) pour l'étude qui devra déterminer la rentabilité du dragage du chenal pour les vaisseaux de plus fort tonnage.

La période 1975-1976 a été marquée par la décision du Service hydrographique canadien, à Ottawa, de se décentraliser en transférant le bureau de cartographie à l'Institut océanographique de Bedford. Ce réaménagement prendra 3 ans, et le premier groupe est attendu pour 1977.

Nous avons toutefois connu un événement malheureux, la perte de l'un des navires affrétés par l'Institut, le MV *Christmas Seal*, qui a pris feu en mer à 3 heures de distance d'Halifax, au matin du 13 mai 1976. Tout l'équipage a été sauvé, mais le bateau, en bois, a brûlé et coulé. Un navire de remplacement, le MV *Northern Seal* s'est rendu sur place 2 semaines plus tard, de sorte que nous n'avons pas perdu trop de temps.

Le lecteur trouvera dans les pages qui suivent un résumé, par section, des travaux de la Division au cours de 1975 et 1976.

R. C. Melanson



Le MV *Christmas Seal* en détresse. Voir détails dans le texte. (Photographie reproduite avec la permission de Wamboldt-Waterfield, Halifax)

CARTOGRAPHIE

La Section de cartographie planifie et effectue des levés des voies navigables de la région atlantique pour l'établissement de cartes marines et de documents connexes. À cette fin, huit postes en 1975 et sept autres en 1976 ont été utilisés dans les secteurs indiqués par les figures qui suivent. Les principaux secteurs cartographiés étaient surtout groupés dans l'estuaire du Saint-Laurent, le long de la côte et dans la mer du Labrador, enfin dans le secteur est de l'Arctique canadien. Les figures suivantes présentent sommairement les travaux exécutés aux divers postes en 1975 et en 1976.

Sauf en ce qui concerne notre programme d'étude de l'Arctique, les années 1975-1976 ont été fructueuses. Dans l'Arctique, les conditions météorologiques et les conditions des glaces ont nui beaucoup à certaines de nos opérations et mis fin à quelques-uns de nos travaux.

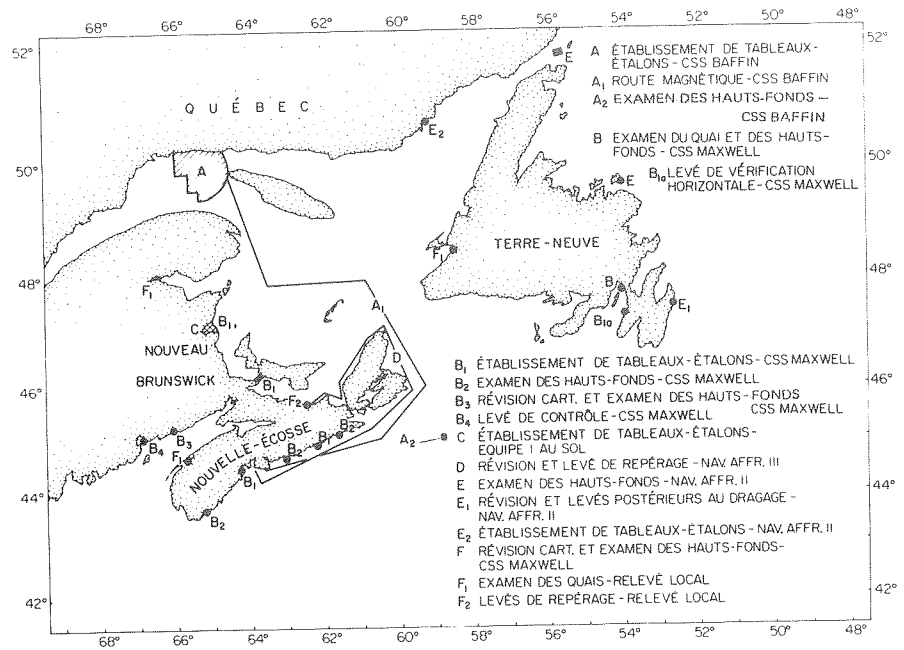
Programme d'enquêtes sur place en 1975

Poste isolé et date	Secteur	Type de relevé
CSS <i>Baffin</i> 30 avril – 17 oct.	Estuaire du Saint-Laurent	Cartographie marine et magnétisme
	Cap Chidley	Levé d'itinéraires
	Bassin Foxe	Levé d'itinéraires
	Banc de Banquereau	Examen des hauts-fonds

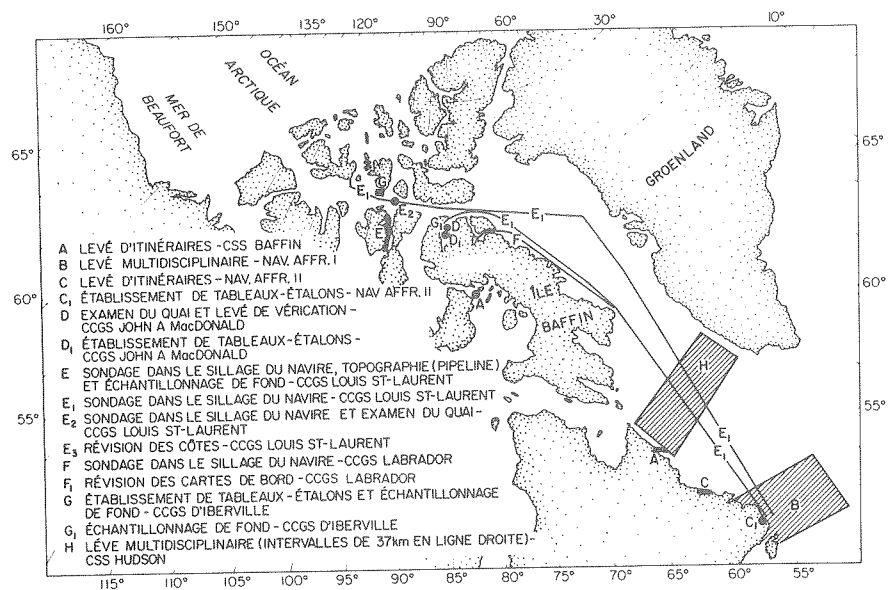
CSS <i>Hudson</i> 14 sept. — 12 oct.	Détroit de Davis et mer du Labrador	Levé multidisciplinaire ré- gional (bathymétrie, gravi- métrie, magnétisme, étu- des sismiques; intervalles de 37 km en ligne droites; en collaboration avec le C.G.A.)
Navire affrété I 19 juin — 14 oct.	Mer du Labrador	Cartographie des ressour- ces naturelles, levé multi- disciplinaire (bathymétrie, gravimétrie, magnétisme et profils sismiques)
Navire affrété II 27 juin — 11 oct.	Hauts-fonds Fairway, détroit de Belle-Isle Stag Harbour, Tickle (T.-N.) Saint-Jean (T.-N.) Tête-à-la-Baleine Rivière Alexis, Havre- aux-bateaux, Labrador Île Windsor Harbour à Cap Makkovik, Labrador	Examen des hauts-fonds (établissement de tableaux étalons) Examen des hauts-fonds Révision des cartes et levé postérieur au dragage Établissement de tableaux étalons (itinéraire) Établissement de tableaux étalons Levé d'itinéraires
CSS <i>Maxwell</i> 30 avril — 31 oct.	Come By Chance (T.-N.) Baie de Miramichi (N.-B.) Cap Tourmentin (du N.-B. à l'Î.-P.-É.) Saint-Jean (N.-B.) Petit Passage (N.-B.) Côte est Côte sud (N.-É.) Argentia (T.-N.) Côte ouest (N.-É.)	Examen du quai et des hauts-fonds Établissement de tableaux étalons Établissement de tableaux étalons Révision cart. et examen des hauts-fonds Levé de contrôle Examen des hauts-fonds et établissement de tableaux étalons Examen des hauts-fonds Levé directeur Établissement de tableaux étalons
Expédition au sol 12 mai — 1 ^{er} août	Baie de Miramichi (N.-B.)	Établissement de tableaux étalons
Navire affrété III 26 mai — 29 oct.	Halifax à Pictou (N.-É.)	Révision des cartes et levés de repérage

CCGS <i>John A. MacDonald</i> 7 juillet – 18 août	Baie de Strathcona, Arctique Baie de Strathcona, Arctique	Levé de contrôle et vérification du quai Établissement de tableaux étalons
CCGS <i>Louis S. Saint-Laurent</i> 18 août – 3 oct.	Détroit de Peel, Arctique Détroit de Belle-Île à Byam Île Martin, Arctique Secteur de Resolute, Arctique Détroit de Franklin, Arctique	Sondage dans le sillage du navire, topographie (pipeline) et échantillonnage de fond Sondage dans le sillage du navire Sondage dans le sillage du navire et examen du quai Révision des côtes
CCGS <i>Labrador</i> 25 août – 8 sept.	Cap Dyer, détroit de Lancaster, Arctique Inlet Clyde, Arctique	Sondage dans le sillage du navire Révision des cartes de bord
CCGS <i>d'Iberville</i> 8 sept.	Intrepid Passage, Arctique Détroit d'Admiralty, Arctique	Établissement de tableaux étalons et échantillonnage de fond Échantillonnage de fond

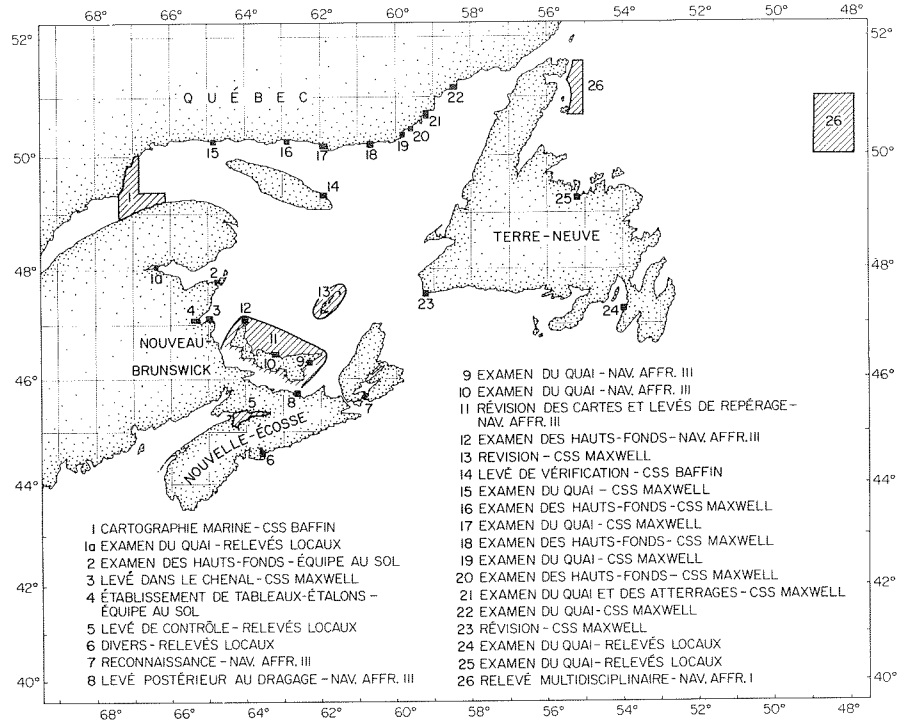
Pour constituer une liste exhaustive, il aurait fallu ajouter tous les autres travaux moins importants, effectués par notre groupe de relevés locaux. À l'exception de nos programmes pour l'est de l'Arctique, abandonnés ou amputés par le retrait prématuré du CSS *Baffin* du bassin Foxe, à cause de conditions météorologiques défavorables et des ennuis mécaniques du CCGS *Labrador* (l'arbre porte-hélice a été faussé), la saison a été un succès. Des échantillons de résidus pétroliers ont aussi été prélevés au cours de l'exécution de notre programme d'étude de l'Arctique pour la Division de l'océanographie chimique (LOA).



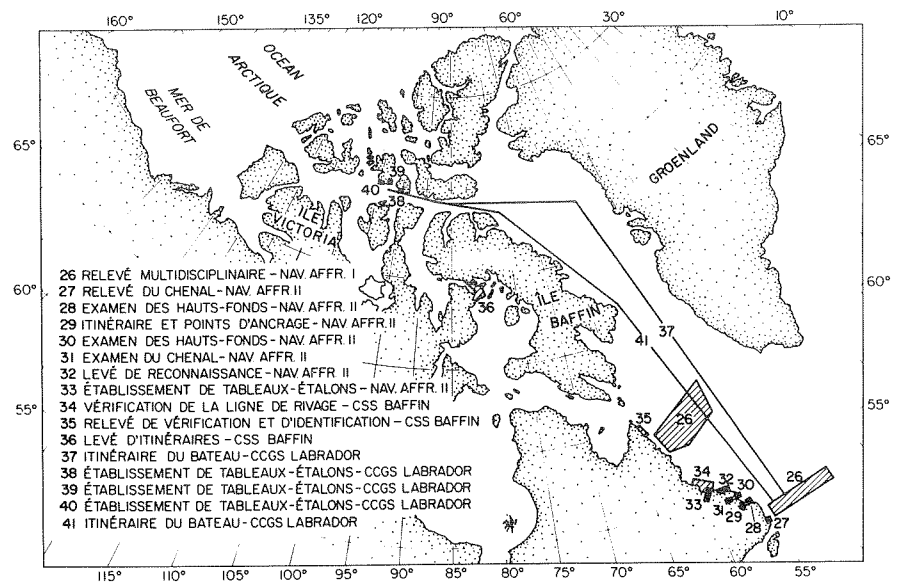
Relevés hydrographiques effectués dans les provinces Atlantiques en 1975. (LOA 4219)



Relevés hydrographiques effectués dans l'est de l'Arctique en 1975. (LOA 4219)



Relevés hydrographiques effectués dans les provinces Atlantiques en 1976. (LOA 4219)



Relevés hydrographiques effectués dans l'est de l'Arctique en 1976. (LOA 4219)

Programme d'enquêtes sur place en 1976

Poste isolé et date	Secteur	Type de relevé
CSS <i>Baffin</i> 17 mai — 30 sept.	Estuaire du Saint-Laurent	Cartographie marine et magnétisme
	Cap Chidley (Labrador)	Localisation et identifica- tion des rochers à l'écart
	Bassin Foxe (T.N.-O.)	Levé d'itinéraire
Navire affrété I 28 juin — 30 sept.	Mer du Labrador	Cartographie des ressour- ces naturelles — bathymé- trie, gravimétrie et magné- tisme
Navire affrété II 22 juin — 6 oct.	Bras de mer White Bear (Labrador)	Levé du chenal
	Port Cartwright	Examen des hauts-fonds
	Baie de Sandwich	Itinéraire et points d'ancrage
	Baie de Groswater	Examen des hauts-fonds
	Goulet de Goose Bay Du port de Webec au cap de Makkovik (Labrador)	Examen du chenal Reconnaissance
CSS <i>Maxwell</i> 5 mai — 29 oct.	Baie de Kaipokok (Labrador)	Établissement de tableaux étalons
	Miramichi (N.-B.)	Levé du chenal
	Îles de la Madeleine	Révision Cart.
	Île d'Anticosti (Q.)	Vérification du système Hi-Fix pour 1977
	Rivière-au-Tonnerre (Q.)	Examen du quai
	Baie de Piashti (Q.)	Examen des hauts-fonds
	Havre de Natashquan (Q.)	Examen du havre
	Gethsemani (Q.)	Examen des hauts-fonds
	Havre Harrington	Examen du havre
	Île St. Mary	Examen des hauts-fonds
	Tête-à-la-Baleine	Quai et approches
	Saint-Augustin (Q.)	Relevé du havre
	Old Fort Bay (Q.)	Relevé du havre
Port-aux-Basques (T.-N.)	Levé de révision	
Équipe au sol 3 mai — 11 juin	Miramichi (N.-B.)	Établissement de tableaux étalons
	Shippagan (N.-B.)	Examen des hauts-fonds
MV <i>Northern Seal</i> 5 juin — 25 oct.	Inlet St. Peters (N.-É.)	Reconnaissance
	Caribou (N.-É.)	Levé postérieur au dragage
	Souris (Î.-P.-É.)	Relevé du havre
	Rustico (Î.-P.-É.)	Relevé du havre
	Î.-P.-É. et Caribou	Révision cart. et relevés

	(N.-É.) à Shédiac (N.-B.) North Point (Î.-P.-É.)	Examen des hauts-fonds
CCGS <i>Labrador</i> 19 juil. — 15 oct.	Itinéraire vers le nord Freemans Cove (T.N.-O.) Sud de l'île Bathurst Itinéraire sud	Établissement de tableaux étalons Établissement de tableaux étalons
Relevés locaux	Dalhousie (N.-B.) Bassin des Mines (N.-É.) Port d'Halifax Argentia (T.N.-O.) Botwood (T.N.-O.)	Examen du quai Levé de contrôle conjointement avec le LOA Divers Examen du quai Examen du quai

En 1976, en plus des travaux de cartographie marine, des échantillons de résidus pétroliers ont été recueillis dans l'Arctique au moyen d'une ligne traînante pour les travaux de la Division d'océanographie chimique de l'Institut, et des échantillons du fond marin ont été prélevés autour de l'Île-du-Prince-Édouard pour la même Division au cours de travaux relatifs à l'immersion de déchets en mer; nous avons aussi mis en place les ancres de la tour de la Division de la métrologie (LOA), amarrée au large de l'entrée du port d'Halifax.

Notre programme pour l'est de l'Arctique, dans le secteur prioritaire du sud de l'île Bathurst, a été encore une fois sérieusement entravé par des glaces d'une épaisseur exceptionnelle. Pour la deuxième année consécutive, le CCGS *Labrador* a été endommagé par les glaces et n'a rempli que partiellement sa mission.

T.B. Smith

RECHERCHE TECHNIQUE EN HYDROGRAPHIE

La Section de recherche technique en hydrographie conçoit et met au point des techniques et du matériel pour améliorer la qualité et la précision des relevés hydrographiques.

La Section a fait l'évaluation des traceurs de courbe plats Calcomp, Gerber, Xynetics et Kongsberg et a fixé son choix sur le système 1100 de Xynetics. L'appareil peut tracer des quadrillages, des projections, des réseaux représentatifs, des caractères alphabétiques et des grilles à partir des données de levés automatiques. La tête traçante est entraînée dans un champ magnétique engendré par un moteur linéaire Sawyer. C'est une technique qui élimine le recours aux engrenages des systèmes classiques. La figure suivante illustre la tête et les commandes de l'appareil.

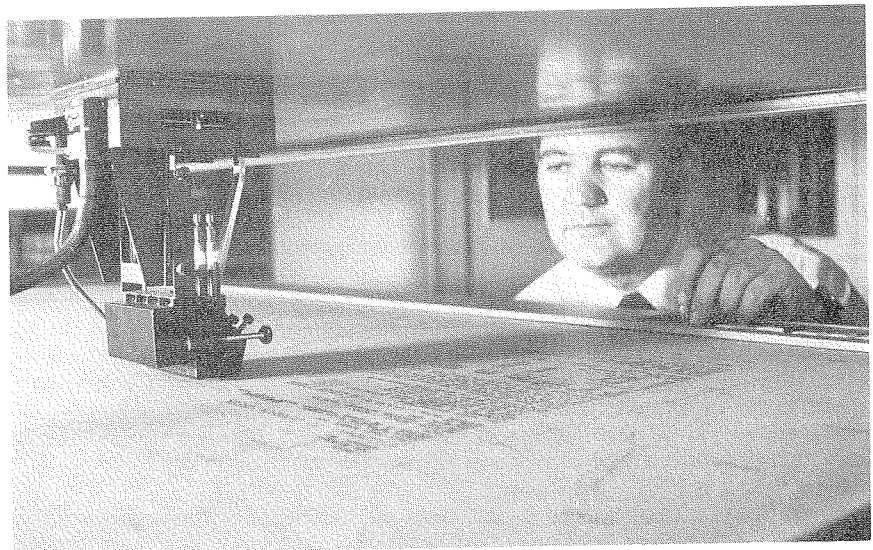
La Section s'est procuré deux calculatrices programmables Hewlett Packard 9815A pour les calculs au cours des levés. Un certain nombre de programmes ont été préparés, y compris des programmes de géodésie, de conversion des projections, de localisation électronique et de calculs généraux.

Quant aux relevés difficiles à automatiser, la Section prépare l'exploitation d'un système portatif de digitalisation comprenant une calculatrice programmable Hewlett Packard 9815A et un numériseur 8765A XY. La profondeur et la position seront enregistrées sur des chargeurs à bande miniatures pour leur traitement ultérieur et la représentation graphique par l'ordinateur 2100 de Hewlett Packard.

Un nouvel ordinateur 21MX de Hewlett Packard remplace le PDP-8L sur le CSS *Baffin* pour le traitement des données hydrographiques. Le changement a permis d'accélérer l'exécution et d'améliorer la manipulation des données. Un système d'exploitation superviseur en temps réel permet de passer simultanément plusieurs programmes. Le logiciel, préparé par notre personnel, emploie des chargeurs amovibles pour le stockage des données.

Nous venons d'entreprendre une étude afin de déterminer les meilleures techniques de digitalisation des données non converties à partir des installations actuelles de l'Institut. Parmi les principaux appareils utilisés dans l'étude, mentionnons une console de digitalisation de Gradicon, le traceur de courbe plat 1100 de Xynetics, l'ordinateur 2100 de Hewlett Packard et le terminal à écran cathodique 4010 de Tektronix. L'organigramme recommandé dans cette étude se greffera aux structures actuelles et devrait permettre de réunir plusieurs projets individuels. L'étude comprendra des recommandations concernant la planification des relevés et l'entreposage des données brutes ainsi que leur récupération.

R.G. Burke, G.R. Douglas



Le nouveau traceur de Xynetics. (LOA 4186)

NAVIGATION

La détermination précise de la position des bateaux a toujours été importante pour les hydrographes et les géophysiciens. Maintenant, des océanographes

d'autres spécialités emploient de nouveaux appareils nécessitant une navigation précise pour obtenir les meilleurs résultats possibles. Ainsi, le sonar latéral remorqué en profondeur et le séismographe de grande définition servent à «regarder» le fond de la mer et le Batfish à mouvement de marsouinage est employé pour effectuer la cartographie en trois dimensions des nappes d'eau. Tous ces appareils ne sont efficaces que si la position est connue à 100 mètres près pour étalonner les données, pour mettre en corrélation les lignes successives des quadrillages et pour retrouver des emplacements intéressants. Par ailleurs, les océanographes veulent pouvoir comparer des indications précises de navigation à l'estime à des indications tout aussi précises de radionavigation, pour mesurer les courants de surface. Ce positionnement doit être possible partout sur le plateau continental canadien et sa forme devrait être facilement compatible avec les relevés scientifiques.

Pour le moment, une navigation précise n'est possible qu'au prix d'un travail compliqué sur le bateau et en laboratoire; il est même arrivé que des résultats aient été imprécis à cause d'un manque de ressources. Il est évident qu'aucun opérateur n'est capable de combiner instantanément des données de plusieurs systèmes et pourtant cette intégration, qui améliore la précision, doit être faite en même temps que s'effectuent les travaux si l'on veut éviter une accumulation énorme de données. La Section travaille donc à la mise au point d'un système de navigation automatique, nommé Bionav, qui aura pour avantages de transférer à l'ordinateur les calculs complexes actuellement dévolus à l'opérateur, d'améliorer le positionnement en incluant dans la solution tous les renseignements recueillis, de déterminer en direct la meilleure position approximative, de donner la position finale quelques heures plus tard et, enfin, d'afficher les données dans la forme choisie pour le relevé et de les enregistrer sous la forme la plus compatible avec les données scientifiques.

Le Bionav utilisera le Satnav (système de navigation par satellite de la marine américaine) et sera assisté par le lock et le gyrocompas de bord, par des moyens radio-électriques (les systèmes Loran—C et Decca, par exemple) et éventuellement par des données relatives aux mouvements du navire, au vent et aux conditions météorologiques. Toute cette information sera traitée statistiquement au moyen de modèles d'erreur à partir des observations de chaque sous-système. Nous collectons et analysons continuellement ces données.

D'ici à ce que le Bionav soit au point, nous continuons d'intégrer manuellement les données obtenues du Satnav, du lock et du gyrocompas et celles du système passif Loran—C (c'est d'ailleurs le seul système que l'on trouve presque partout sur le territoire canadien de l'Atlantique). Nous avons amélioré nos programmes destinés aux utilisateurs du Loran—C et ajouté des affichages à distance pour l'erre et la ligne de position. Les services de génie (voir à la section Ressources de l'Institut) ont réalisé des interfaces et des affichages à cette fin.

Nous préparons toujours des programmes de traitement par lots de nombreux problèmes de navigation. L'un des plus utilisés trace des grilles hyperboliques ou circulaires sur un traceur plat à l'Institut ou sur un traceur à tambour sur les navires, pour tout système radio d'aide à la navigation.

L'un des problèmes que posent les aides à la navigation à longue distance du type du Loran—C vient de ce que le signal passe parfois par-dessus la terre aussi bien que par-dessus les étendues marines; la précision de ces systèmes dépend de fa-

çon critique de notre connaissance de la vitesse de propagation de l'onde radio, qui est prévisible sur l'eau, mais pas sur terre. Notre travail s'effectue en bonne partie le long de la côte du Labrador, et c'est là que nous avons utilisé un transmetteur portable Decca, ajusté pour donner les trajets sur l'eau jusqu'au secteur des levés afin de calculer les corrections nécessaires pour les tracés au-dessus du sol du Loran—C. Ailleurs, nous avons étalonné les grilles Loran—C et Decca des cartes du large au moyen du Satnav et nous avons mesuré la portée maximale effective du Loran—C.

Nous avons exécuté d'autres travaux sur les appareils de navigation, y compris l'installation de locks Doppler sur nos brise-glaces (le propulseur d'étrave pose de graves problèmes au point de vue de l'acoustique) et la vérification des systèmes de radionavigation Oméga différentiel et à fréquence très basse.

R.M. Eaton

SECTION DES MARÉES

La Section des marées dirige les travaux sur les marées, les courants de marées et les niveaux d'eau, travaux exécutés par le Service canadien d'hydrographie dans la région de l'Atlantique.



Station hydrographique sur la rive nord du golfe Saint-Laurent. (LOA 3998)

Au cours des deux dernières années, la collecte et l'analyse des données sur les marées ont connu des progrès appréciables. Le limnimètre Aanderaa, un appareil remarquable par son adaptabilité, constitue maintenant l'appareil usuel de mesure des marées au large ou près des côtes. Nous l'avons employé avec succès dans presque tous les types d'environnement marin de notre littoral, depuis la bordure du plateau continental jusque dans les hauts-fonds les plus reculés de la baie de Fundy, aussi bien que dans les régions arctiques reculées. Un certain nombre de relevés d'un an des marées arctiques ont été complétés récemment en des endroits inaccessibles il n'y a pas si longtemps pour ce genre de mesure. Afin de polir les résultats de l'analyse harmonique, nous avons fait appel à des techniques d'analyse spectrale et au développement d'un logiciel spécialisé pour le traitement rapide des données obtenues des stations situées au large.

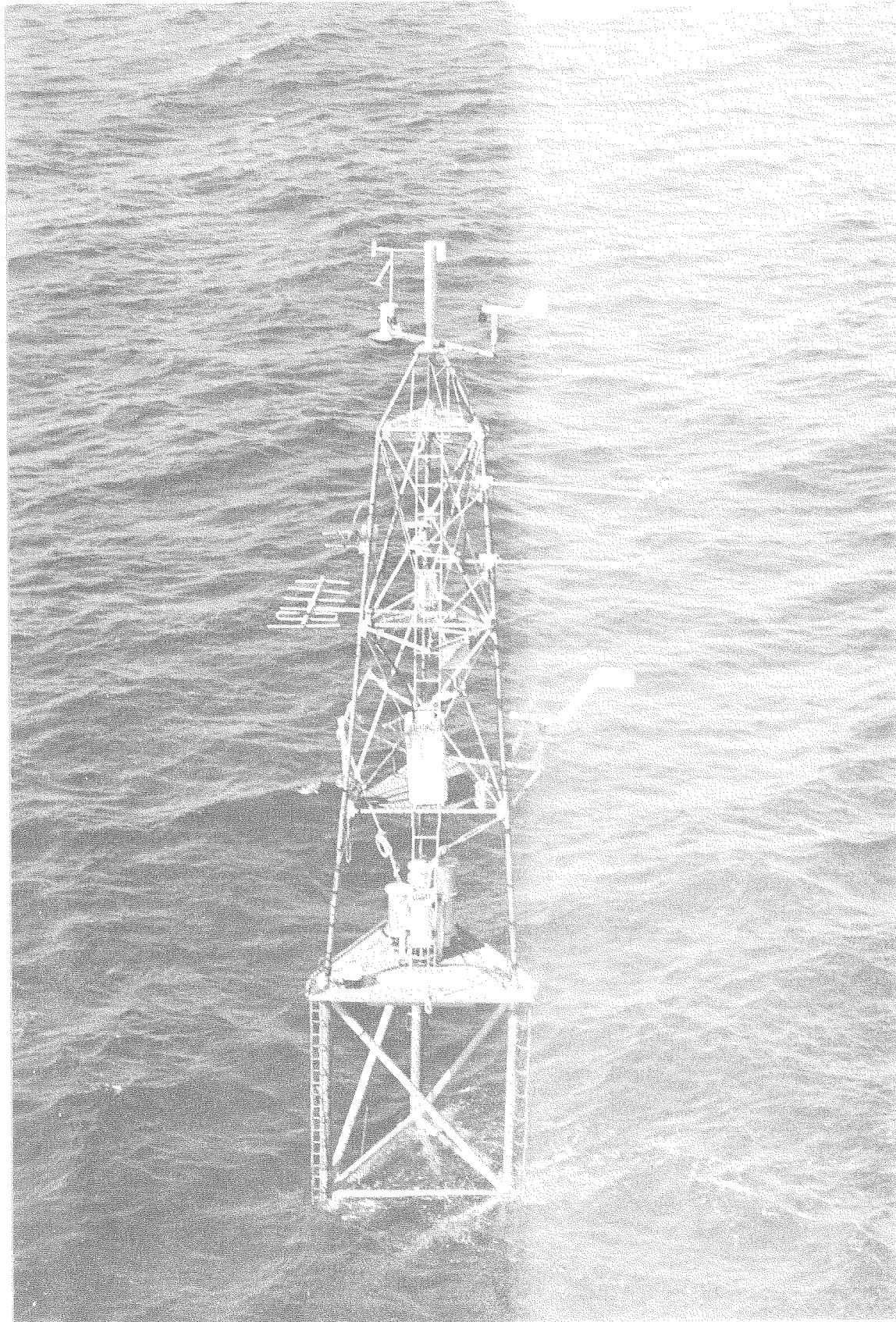
Nous avons fourni des marégraphes aux équipes d'hydrographie sur le terrain et à d'autres utilisateurs pour les aider dans leurs travaux. De plus, la Section s'est procuré un courantomètre à lecture à distance pour des travaux hydrographiques en vue de faire des observations à court terme du régime des courants dans les havres et les chenaux pour le transport maritime.

En collaboration avec le Bureau à Halifax du Relevé hydrologique du Canada, la Section prépare la planification du réseau permanent de stations de la côte est et de l'est de l'Arctique. Les travaux se sont traduits par quelques perfectionnements, particulièrement en ce qui touche l'installation d'une tige de support de transducteur fixe à Cap d'Or (N.-É.). Dans l'est de l'Arctique, des essais ont démontré qu'un nouveau type de jauge submersible permet d'éviter les problèmes de collecte des données dans les régions couvertes de glace.

En 1976, la Section a entrepris la mesure et l'analyse des marées le long du plateau continental, du plateau de Scotian jusqu'au sud de Cape Cod, ainsi que dans le golfe du Maine et dans la baie de Fundy. La recherche, subventionnée par le Atlantic Tidal Power Review Board, est entreprise conjointement avec le système de modélisation numérique de la baie de Fundy et du golfe du Maine par M.D.A. Greenberg du Service des données sur l'environnement marin.

Les données sur les marées sont analysées et employées pour le calcul des conditions vers le large et l'étalonnage du modèle. Jusqu'ici, le programme sur le terrain a été un succès. Parmi les conséquences intéressantes de cette recherche, mentionnons la mise au point d'un amarrage de marémètre à remontée soudaine. L'amarrage est constitué d'un petit bloc d'éléments installé sur le fond, sans matériel accessoire au sol : cela a pour résultat de diminuer les risques d'endommagement par les chalutiers de fond.

D.L. DeWolfe



Métrologie

La Division de la métrologie met au point et expérimente du nouveau matériel océanographique, des techniques et des normes nécessaires à la bonne marche de la recherche scientifique à l'Institut. Parmi les travaux en cours, mentionnons la mise au point de sondes biologiques et océanographiques et de matériel d'échantillonnage de fond, ainsi que le perfectionnement de techniques géodésiques et de navigation marine. La Division fait appel aux scientifiques et aux techniciens de l'Institut, aussi bien qu'à des spécialistes de l'industrie canadienne et du milieu universitaire. Parmi les quelques travaux accomplis en collaboration avec l'industrie, mentionnons : la gestion scientifique du système des données océaniques du Canada, accordée en sous-traitance à Hermes Electronics Ltd.; des travaux en collaboration avec Hunttec (70) Ltd. pour le développement d'un système de télédétection des propriétés géotechniques des sédiments marins; notre appui à Guildline Instruments Ltd. pour la mise au point et l'essai d'une famille d'instruments de mesure de la conductivité—température—profondeur (CTP).

En avril 1976, le groupe d'étude des interactions air—mer a été rattaché à la Division de la circulation océanographique tandis que la Division de la métrologie a été réorganisée en trois sections : l'électronique, la mécanique (y compris l'atelier des instruments) et la physique appliquée (y compris le laboratoire des normes). À l'intérieur de la Division, le travail se répartit par projet : chaque groupe est formé des membres de la Division qui possèdent les connaissances requises pour mener à bien tel ou tel projet.

D.L. McKeown

SONDES OCÉANOGRAPHIQUES

Océanographie physique. — Le perfectionnement de systèmes conductivité—température—profondeur s'est poursuivi en collaboration avec le Conseil national de recherches du Canada et la Société Guildline Instruments Ltd., de Smiths Falls en Ontario. Ces travaux comprennent l'étalonnage systématique en laboratoire des instruments parallèlement à des essais en mer, la mise au point de systèmes informatisés d'acquisition des données et des applications au profilage horizontal effectuées soit au moyen du Batfish, soit au moyen de méthodes de profilage vertical plus classiques à partir d'un navire stationnaire.

Plusieurs de ces appareils CTP ont été soumis à des cycles d'étalonnage en laboratoire et d'essais en mer pour permettre à la société Guildline de les perfectionner. Ces cycles comportaient des versions analogiques et numériques du matériel. Plusieurs incompatibilités entre les instruments et des problèmes particu-

liers ont été signalés au Conseil national de recherches et à Guildline pour qu'ils apportent les corrections nécessaires. Entre autres choses, ce travail a mené à la publication d'une nouvelle formule de conversion de la conductivité à la salinité (Bennett (1976), voir section F du présent rapport).

Nous avons consacré une bonne part de nos énergies à établir un système informatisé d'acquisition des données, logiciel et matériel, compatible avec les mini-ordinateurs HP-2100A non modifiés, à bord des navires. Au départ, un système prototype de numérisation avait été mis au point pour les appareils CTP analogiques. Les services techniques (Ressources de l'Institut) ont ensuite produit un deuxième système axé sur le voltmètre numérique Fluke. La Division a travaillé à la préparation de l'interface du système avec les appareils CTP et l'ordinateur et elle en a fait l'évaluation. Ce système est maintenant installé en permanence sur le *CSS Hudson* et le *CSS Dawson*. Des programmes d'acquisition des données ont aussi été préparés en fonction des appareils à fonctionnement numérique. Tous les programmes, dont un certain nombre de programmes utilitaires, sont décrits dans diverses notes informatiques de l'Institut (section F). Le personnel de la Division a participé à plusieurs expéditions pour initier à ces systèmes les océanographes de l'Océanographie côtière, de la Division de la circulation océanique et du Service de l'environnement atmosphérique (ministère de l'Environnement).

Nous continuons à préparer des programmes d'acquisition des données, d'application immédiate, qui soient compatibles avec le système HP-2100A RTE (superviseur en temps réel), en cours d'installation à l'Institut, pour le traitement des données par les mini-ordinateurs. Ce travail a mené à la création d'un nouveau langage de programmation bien documenté, le ONCAL (*ON-line CALCulator*). Ce langage est un outil très puissant pour relier les sondes (à temps réel) au mini-ordinateur à bord et pour le traitement des données d'entrée. Outre son utilisation avec les appareils CTP, le ONCAL sert pour certaines sondes biologiques, pour le positionnement acoustique et pour les calculs de navigation en direct.

L'appareil CTP continue d'être employé avec le Batfish, un engin remorqué à mouvement ondulatoire, pour obtenir en continu des données sur les variations horizontales et verticales de température et de salinité dans les 400 mètres supérieurs de l'océan. La Division de la métrologie a participé aux travaux de la Division de l'océanographie côtière sur la dynamique du rebord du plateau continental et avec la Division de la circulation océanique, à l'occasion de ses expériences dans la mer du Labrador, en fournissant une partie de son propre équipement. Dans le premier cas, la résolution à l'horizontale obtenue avec le Batfish a révélé des situations complexes dans le champ des ondes internes qui ne sont pas observables à partir des stations ordinaires de prélèvement vertical d'échantillons (CTP), telles qu'elles sont espacées.

Au cours des deux dernières années, la Division a collaboré aux travaux de M. Kroebel et de ses collègues de l'université Kiel, en Allemagne fédérale, en examinant et en évaluant la Multisonde qu'ils ont mis au point, qui mesure la conductivité, la température, la profondeur, la vitesse du son, l'atténuation de la lumière dans le spectre du rouge et du bleu et l'atténuation différentielle entre ces deux couleurs. L'Institut porte un vif intérêt à cet appareil, puisque les mesures d'atténuation de la lumière devraient permettre de déterminer la concentration des particules en suspension et, dans une certaine mesure, de différencier les

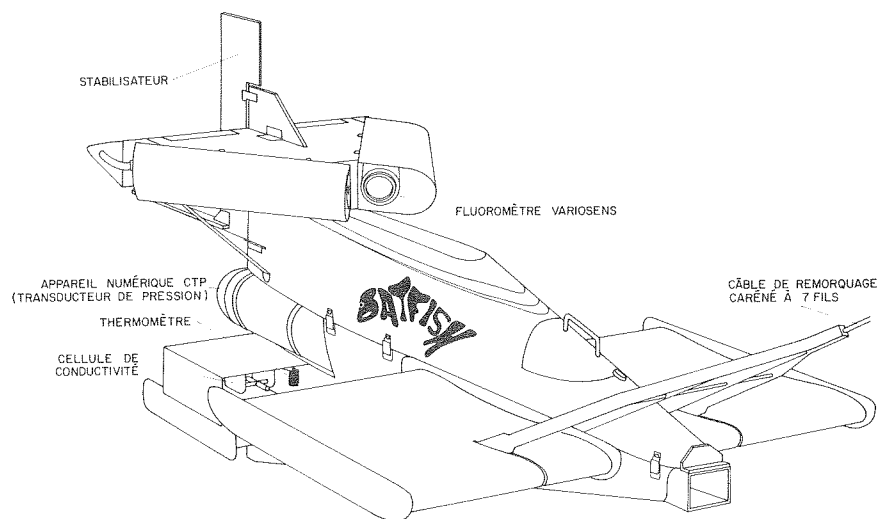
types de matières en suspension. Mais il existe encore des problèmes dus à la contamination des éléments optiques par le pétrole et d'autres impuretés qui se trouvent à la surface de la mer. La comparaison du rendement de la Multisonde et des appareils CTP de Guildline a permis de noter les écarts et les défauts de construction des deux instruments, ce qui devrait aider à les améliorer tous deux.

A.S. Bennett, J.P. Thorburn, M. Stepanczak, J.J. Betlem, G. R. Dubois

Océanographie biologique. — Tout dernièrement encore, on s'intéressait peu à la mise au point d'instruments à l'intention des océanographes biologistes. La Division s'est maintenant engagée dans un programme visant à mettre au point ici même des sondes biologiques et à établir des techniques éprouvées pour leur utilisation en mer. Par exemple, la Division est en train de perfectionner un fluoromètre Variosens et un compteur de zooplancton qu'on pourrait intégrer aux appareils CTP de Guildline et installer sur le Batfish.

Un fluoromètre Variosens modifié a été relié à l'appareil CTP et installé sur le Batfish (voir la figure) pour mesurer sur place la fluorescence de la chlorophylle *a*, le pigment qu'emploient le plus souvent les biologistes pour estimer la concentration du phytoplancton. Ce renseignement, ajouté à la conductivité, à la température et à la profondeur de l'engin remorqué, est traité en direct par le mini-ordinateur HP-2100, ce qui permet d'obtenir immédiatement des renseignements sur la distribution et les variations phytoplanctoniques.

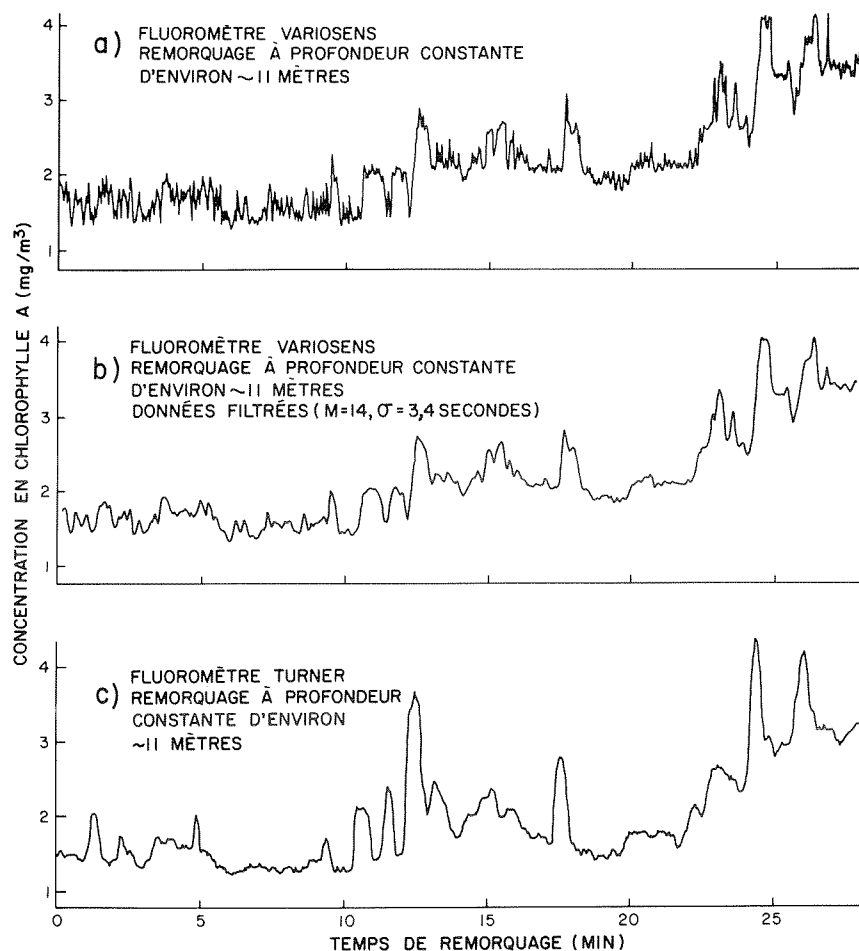
Les données du fluoromètre ont été vérifiées par comparaison avec les données obtenues de l'analyse d'échantillons d'eau prélevés par une pompe remorquée, reliée elle-même à un fluoromètre Turner III à bord, une technique éprouvée. La figure suivante donne une courbe de la chlorophylle à une profondeur constante de 11 mètres environ, au large de Yarmouth, en Nouvelle-Écosse, dans les eaux



Le Batfish, équipé du fluoromètre Variosens et de l'appareil CTP (conductivité-température-profondeur). (LOA 3946)

côtières; les deux appareils étaient remorqués simultanément. Les tracés a et c montrent les données brutes obtenues avec le Variosens et le Turner III respectivement. Le tracé b reprend les données du Variosens, numériquement filtrées pour obtenir la meilleure concordance statistique avec les données de l'appareil Turner. À l'analyse, il s'est avéré que le fluoromètre Variosens répondait 20 fois mieux que l'autre système aux variations dans le temps.

COURBES DE LA CHLOROPHYLLE



Courbes de la chlorophylle obtenues avec le fluoromètre Variosens monté sur le Batfish et un système de pompe remorquée couplée à un fluoromètre. (LOA 3946)

Pour compléter les études sur le phytoplancton, il faut un compteur de zooplankton; la Division et le Conseil national de recherches travaillent à en mettre un au point. Le Conseil national de recherches s'occupe de la conception et de la construction de l'instrument, et la Division essaie et étalonne l'appareil au

laboratoire et en mer. La sonde sous-marine, installée sur le Batfish avec le fluoromètre Variosens et l'appareil CTP numérique de Guildline, mesure et compte les copépodes d'un diamètre de 0,5 à 5 mm qui traversent une cellule de conductivité. Les données numériques sont transmises à la surface pour être immédiatement traitées par un mini-ordinateur ou pour être enregistrées sur cassette.

Un bassin d'essai en forme d'anneau a été construit pour permettre l'étalonnage du compteur de zooplancton. Le détecteur du compteur peut être entraîné dans le bassin à une vitesse de 0 à 3 mètres à la seconde. La cellule a été testée en laboratoire et en mer, mais il faudra la soumettre à d'autres tests, l'étalonner avec grande précision et vérifier les données avant de l'employer couramment.

A.W. Herman, J.-G. Dessureault, E.E. Phillips

GÉODÉSIE MARINE

Le programme de géodésie marine vise expressément à mettre au point des techniques de localisation précise en milieu marin et de cartographie topographique de la surface de la mer.

Depuis 1968, l'Institut utilise, sur ses navires et dans ses recherches sur le positionnement, le système de navigation par satellites Transit. Les techniques de positionnement géodésique avec satellites sont maintenant appliquées à des problèmes de positionnement en mer. La Division a terminé la mise au point d'un progiciel pour les réseaux géodésiques de stations fixes, exploités à partir de l'université Dalhousie, de l'université du Nouveau-Brunswick, de l'Institut für Angewandte Geodäsie de Francfort, du Conseil Royal de Norvège de recherche scientifique et industrielle, et de l'Universidade Federal de Rio de Janeiro.

Entre les réseaux géodésiques fixes et les réseaux de stations marines (notamment les navires océanographiques et plates-formes de forage sous-marin, dont certaines peuvent se déplacer), il existe un moyen terme : des réseaux qui se transforment lentement : c'est le cas des stations polaires habitées du Arctic Ice Dynamics Joint Experiment (AIDJEX). En collaboration avec les spécialistes de AIDJEX, la Division a étudié le problème de la détermination des mouvements absolus et relatifs de ces camps de glace en recourant au réseau de satellites Transit. Les données sur le terrain et les travaux d'étalonnage ont été analysés.

Ces techniques et ces études servent aussi à une autre fin : créer un système de navigation à bord des navires, qui soit à la fois plus précis et plus sûr, en intégrant plusieurs des systèmes employés par l'Institut. Ce travail est réalisé en collaboration avec le groupe d'études sur la navigation de la Division de l'hydrographie (LOA).

Il existe un nouvel instrument qui peut trouver une application en géodésie et en océanographie, l'altimètre radar porté par satellite. Après des premières expériences sur le SKYLAB, la US National Aeronautics and Space Administration (NASA) a lancé le satellite GEOS-3. L'un des buts visés était de démontrer l'efficacité des altimètres à bord de satellites pour mesurer le relief océanique. On compte obtenir une précision de 10 centimètres avec les satellites à venir. Deux projets canadiens du type GEOS-3 ont été acceptés par la NASA. Dans

le premier cas, nous voulons mesurer la géoïde océanique au voisinage du Canada et la comparer à d'autres; dans le second, nous voulons mesurer les marées et le niveau moyen de la mer à partir de données altimétriques. Les secteurs principaux d'études sont la baie d'Hudson et le secteur que composent le plateau de Scotian et la baie de Fundy. L'équipe est formée de spécialistes qui travaillent en étroite collaboration aux deux projets. Ils proviennent de divers organismes gouvernementaux canadiens, de l'université Dalhousie, de l'université du Nouveau-Brunswick, de la société Shell Canada et de l'Institut für Angewandte Geodäsie. Pour compléter les données de poursuite de la NASA au cours des quatre mois d'acquisition des données primaires, les stations de poursuite Doppler de satellites ont été installées temporairement à Churchill au Manitoba, à Poste-de-la-Baleine au Québec, et à Fredericton au Nouveau-Brunswick; les stations permanentes de la Direction de la physique du globe sont situées à Calgary et à Ottawa.

D.E. Wells

ÉCHANTILLONNAGE DU FOND

Foreuse électrique sous-marine. — Depuis sa formation, la Division s'occupe de fabriquer des appareils de forage capables de percer la roche du fond marin. En 1975, elle avait mis au point une foreuse électrique alimentée à partir du bateau par un câble (son «cordon ombilical») et manoeuvrée par un deuxième câble solide. À cause du mécanisme de commande, il était nécessaire que la paroi extérieure du barillet de l'appareil soit filetée sur toute sa longueur. L'appareil était fiable et les vitesses d'opération très bonnes, mais il restait deux problèmes à résoudre : la profondeur de travail était réduite par l'emploi du système des deux câbles, et certains matériaux de fond, surtout dans l'Arctique, obturaient le filetage, bloquaient le mécanisme et entraînaient une usure prématurée des pièces. Nous avons résolu ces difficultés au cours de l'année.

Depuis 1973, nous cherchions à remplacer les deux câbles par un câble unique, à flottabilité neutre, réunissant les fils conducteurs et le câble porteur. C'est en 1974 qu'est apparu sur le marché le Kevlar, un nouveau matériel synthétique peu déformable et à flottabilité presque neutre. Nous avons testé deux de ces câbles comportant les fils d'alimentation électrique et les fils de transmission des signaux. Comme le câble est mal isolé, le manufacturier doit en modifier certains détails.

Le mécanisme de commande a été simplifié, de sorte qu'il n'est plus nécessaire de fileter la paroi externe du barillet. L'appareil est maintenant coiffé d'un capuchon fileté qui se déplace sur un manchon fileté en plastique autour du barillet. La paroi extérieure du barillet est lisse, mise à part une rainure verticale. Nous avons pu constater au cours des essais de 1976 que le mécanisme n'a plus tendance à s'obturer et à bloquer et que l'usure est très réduite.

G.A. Fowler, P.F. Kingston, W.J. Whiteway, R. Cassivi

TRAVAUX FAITS EN COLLABORATION

L'Institut de géologie (IGS) d'Edimbourg et l'Institut océanographique de Bedford s'intéressent tous deux aux techniques d'échantillonnage de fond. En 1974, l'Institut de Bedford a participé aux essais du nouveau submersible britannique

non habité, le CONSUB. En 1975, la Division de la métrologie a modifié et essayé, à bord du CSS *Hudson*, le Vibracorer de l'Institut de géologie (pour le carottage de sédiments non consolidés) et l'a ensuite vendu au Centre géoscientifique de l'Atlantique. En 1976, l'Institut de géologie a fait l'essai de la foreuse électrique de l'Institut au cours d'une expédition conjointe de l'Institut de géologie et d'une équipe norvégienne sur le plateau continental norvégien, dans la mer du Nord.

J. Brooke, G.A. Fowler

TECHNIQUES D'AMARRAGE

Le travail de recherche dans le domaine des techniques et des matériaux d'amarrage se poursuit. Pour l'instant, nous tentons de remplacer les câbles d'acier galvanisé par des câbles de Kevlar. Ce matériel est assez solide, mais il faut encore créer des techniques de pose rapide des embouts qui laissent à l'amarrage toute sa solidité. Certains amarrages d'essai ont été placés dans l'océan et nous procédons à l'évaluation des résultats.

J. Brooke, G.A. Fowler

POSITIONNEMENT ACOUSTIQUE

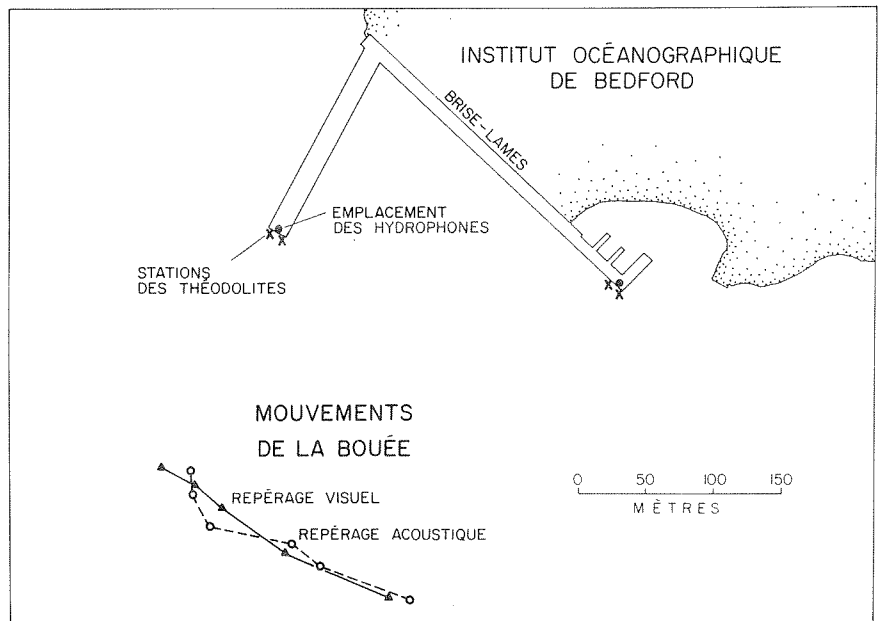
Système de positionnement à ligne de base longue. — La Division cherche depuis quelques années à créer un système de positionnement acoustique à ligne de base longue qui utilise des répondeurs et des pingurs (pour plus de détails, consulter le rapport bisannuel pour 1973-1974). Le système vise d'abord à fournir des renseignements sur la position tridimensionnelle d'un appareil océanographique, qu'il se déplace sur le fond de la mer ou qu'il soit suspendu dans l'eau. Nous avons eu deux occasions d'appliquer le système à la navigation d'un véhicule de marche sur le fond, le Sea Rover, que nous avons amené jusqu'à une barge de pétrole coulée. Le système donnait même la position de chacune des citernes à mesure que le véhicule les longeait. Le système a permis en outre de suivre la trajectoire qu'emprunte l'amarrage d'un courantomètre au lancement. Deux amarrages simulés de courantomètres ont été exécutés et nous avons simulé par des moyens acoustiques les trajectoires du flotteur immergé et de l'ancre. Le largage d'appareils acoustiques est très sûr dans le cas des amarrages, mais il arrive à l'occasion que le système fasse défaut. Le cas échéant, la récupération des instruments et la collecte des données sont compliquées. L'Océanographie côtière a envisagé la possibilité de couper la ligne d'ancrage juste au-dessus de l'ancre en remorquant une paire de portes de chalut sur le fond marin. C'est à cette occasion que le système de positionnement par la ligne de base longue a été utilisé pour suivre la trajectoire des portes par rapport au vaisseau remorqueur.

D.L. McKeown, B.B. Hartling

Système de positionnement à ligne de base courte. — Une drogue acoustique de courant et son dispositif de poursuite au sol sont déjà au point et la Division travaille à mettre au point un groupement d'hydrophones à bord, avec tout son matériel de détection électronique, qui permettront de déterminer l'alignement et le relèvement d'un navire portant une radiobalise.

On sait qu'en hiver la glace recouvre un grand nombre d'anses et que, pour cette raison, le vent n'a aucun effet sur le mouvement des eaux en surface. Aussi, la Division a décidé d'élaborer une méthode d'étude des eaux couvertes de glace, fondée sur l'usage de drogues à courant contenant des pingres acoustiques. Au début, diverses formes de flotteurs ont été étudiées dans un bassin d'essai à l'université Dalhousie, à Halifax. Une forme particulière de drogue a été adoptée et son comportement dans des courants de vitesse variable a été déterminé. Nous avons lâché des flotteurs sous la glace du bassin de Bedford, en Nouvelle-Écosse, pour voir s'ils apparaîtraient dans les eaux libres à l'autre bout de la couche de glace.

Un groupement d'hydrophones, d'amplificateurs, de détecteurs électroniques et de matériel d'enregistrement a été créé pour suivre des flotteurs. Une série de stations réceptrices ont été établies le long du brise-lames de l'Institut et plusieurs flotteurs ont été suivis par des moyens acoustiques. Une balise de surface était attachée à chacun, de sorte que la position pouvait être vérifiée périodiquement au moyen d'une paire de théodolites. La figure suivante présente les résultats d'une de ces expériences.

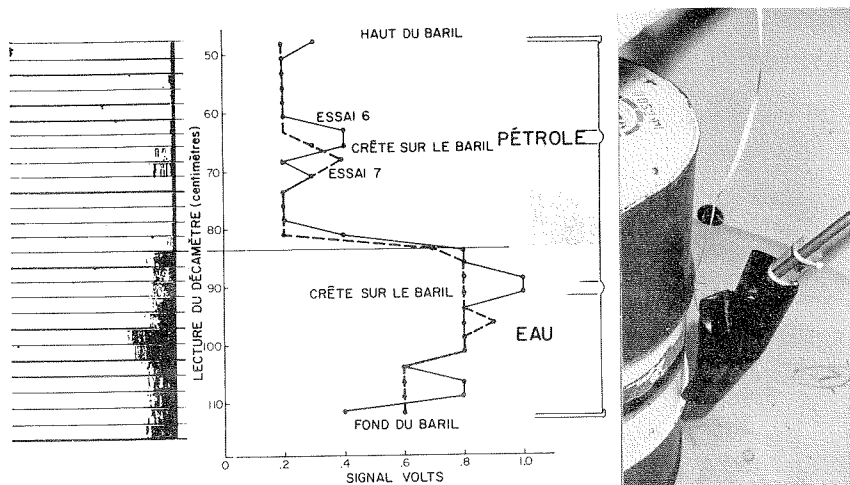


Repérage acoustique de bouées flottantes dans le bassin de Bedford, face au brise-lames de l'Institut. (LOA 4133)

En mer, il arrive que le système de positionnement acoustique avec la ligne de base longue ne convienne pas; on peut alors procéder autrement : installer un certain nombre d'hydrophones sur la coque du bateau et calculer l'alignement et le relèvement du bateau à partir d'une source acoustique par la différence entre les temps mis par les signaux pour parvenir aux différentes paires d'hydrophones. Deux types de groupements d'hydrophones ont été mis au point. Le premier est formé de deux transducteurs de sonde acoustique à bord, non modifiés, et d'un troisième hydrophone remorqué et placé à angle droit par rapport au navire. Le second type comprend un seul transducteur installé sur la coque,

plus une paire d'hydrophones placés dans un engin remorqué de cinq mètres de long. Nous travaillons à mettre au point les moyens électroniques qui permettront d'étalonner périodiquement les groupements d'hydrophones, de numériser les écarts de temps et de transférer les données dans un mini-ordinateur qui calculera les alignements et les relèvements. Le plan d'un micro-processeur pour remplacer l'ordinateur est maintenant achevé. L'étape suivante des travaux de mise au point sera la comparaison du système de ligne de base longue, avec sa précision de positionnement, au système de ligne de base courte en préparation. Le système a déjà fait ses preuves lorsqu'il a été employé pour repérer un amarrage de courantomètres perdu dans la baie St-Georges en Nouvelle-Écosse.

P.G. Jollymore, D.L. McKeown



Expérience en laboratoire pour vérifier l'efficacité du système acoustique proposé pour détecter une interface pétrole-eau. (LOA 3207)

DÉTECTION DES INTERFACES PÉTROLE-EAU

Quand un pétrolier ou un vaisseau semblable coule, il arrive souvent qu'une partie de la cargaison s'échappe. Il faut alors déterminer la quantité de pétrole encore contenue dans chaque citerne. La technique employée pour cette mesure ne doit pas être destructive et doit pouvoir être utilisée par des plongeurs en eaux peu profondes, ou par des submersibles ou encore par des véhicules téléguidés en eaux profondes. La Division de la métrologie travaille à mettre au point une méthode de mesure acoustique. Elle se sert d'une sonde acoustique ordinaire à haute fréquence (200-300 kilohertz) pour sonder horizontalement les citernes à différentes hauteurs. Quand l'impulsion acoustique traverse l'eau d'une citerne, il se produit de fortes réverbérations; quand, au contraire, l'impulsion passe dans une nappe de pétrole, les réverbérations diminuent rapidement par suite de la grande force d'atténuation acoustique du pétrole. Des expériences en laboratoire avec un baril de 45 gallons rempli de pétrole Bunker C ont démontré l'efficacité de la méthode. Ainsi, tout ce qu'il faut au plongeur ou dans le submersible est un petit transducteur acoustique.

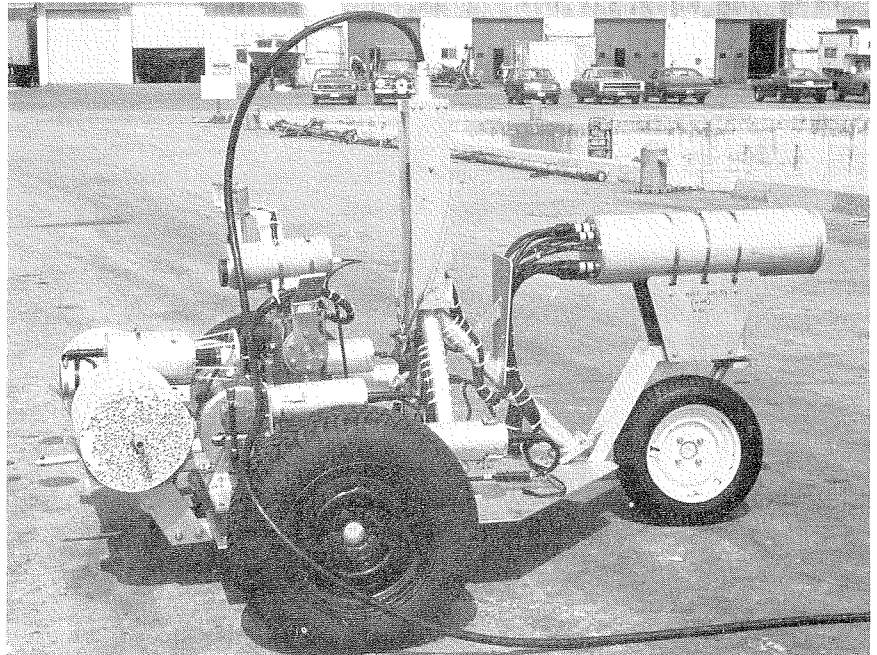
La technique a été essayée sur le terrain lorsque nous avons mesuré les niveaux de Bunker C dans les citernes d'une barge de pétrole, la *Irving Whale*, reposant par soixante-sept mètres de fond dans le golfe Saint-Laurent. À cette profondeur, les hommes-grenouilles sont en plongée à saturation. Plutôt que de faire appel aux plongeurs, nous avons employé un véhicule de marche sur le fond, commandé à distance, le *Sea Rover*, que nous avons construit pour qu'il puisse déployer le transducteur acoustique. Le véhicule est actionné et commandé de la surface par câble. Il est équipé d'une caméra de télévision et d'un matériel de navigation acoustique. Les citernes sont explorées par balayage horizontal à mesure qu'un groupement flottable est élevé verticalement le long de la barge. Ce système nous a permis d'examiner déjà deux citernes de la *Irving Whale* et nous voulons examiner les six autres l'année prochaine.

K.R. George, D.L. McKeown, S.W. Young

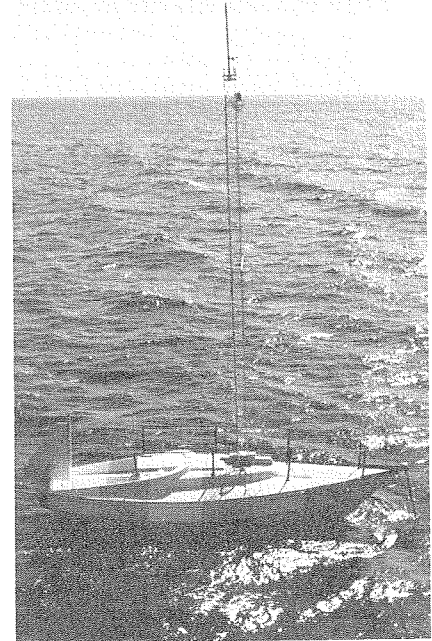
GESTION DES CONTRATS

La Division a participé à la gestion technique et à l'administration de trois projets importants.

Une nouvelle tour stable d'interaction air-mer (voir l'article de la Division de la circulation océanique) a été conçue, construite et installée en trois ans. Elle est maintenant située devant l'entrée du port d'Halifax et porte des instruments de mesure de l'interaction air-mer. Les travaux ont été exécutés par un bureau local d'ingénieurs qui a veillé à ce que le total des coûts ne s'écarte pas de plus de 5 p. cent de ce qui était prévu.



Le *Sea Rover* : un véhicule de marche sur le fond, commandé à distance. (LOA 3708)



Coque de yacht utilisée comme bouée océanographique (en préparation et installée). (LOA 4070)

La société Hermes Electronics Ltd. de Dartmouth (N.-É.) a entrepris la mise sur pied du système canadien de données océanographiques, à la suite d'une offre qu'elle avait adressée au ministère des Approvisionnements et Services. La gestion scientifique du projet a été confiée à un ingénieur supérieur de la Division. Le système est fondé sur un réseau de bouées de surface pour la collecte de données météorologiques et océanographiques transmises à terre par communication radio. Les études préliminaires portent sur la conception des bouées, des détecteurs, des appareils de télémétrie et des systèmes de traitement des données, mais recouvrent aussi les essais avec des prototypes de bouées et l'analyse des besoins des utilisateurs. Un certain nombre de prototypes sont à l'heure actuelle amarrés près de la plate-forme stable d'interaction air-mer. Les données qu'obtiennent les bouées, y compris sur leurs propres mouvements, sont étudiées en regard de celles que fournissent les appareils installés sur la tour. Ce programme a eu pour effet immédiat la mise au point d'une bouée dérivante. Dix-huit d'entre elles seront mises en place dans le Pacifique Sud en février 1977, en vue d'une évaluation préliminaire.

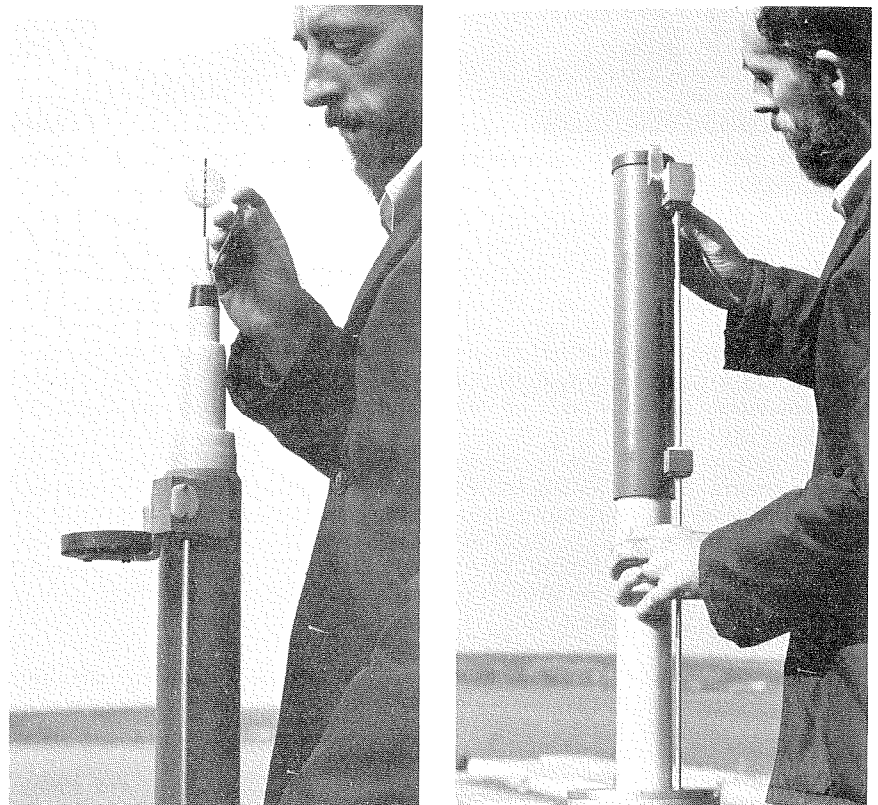
Vers la fin de 1974, la Division a fait l'essai de la sonde sismique à grande résolution, remorquée en profondeur et mise au point par Hunttec ('70) Ltd. Par suite de ces essais, le Centre géoscientifique de l'Atlantique s'est engagé avec Hunttec dans la création de techniques pour classer à distance les sédiments du fond marin au moyen de ce système. À cette fin, Hunttec a fourni une équipe de chercheurs, stationnés à l'Institut, pour perfectionner l'équipement et créer les techniques de conversion des signaux. Un des employés de la Division assiste le Centre dans la gestion du programme. La Division a collaboré sur le plan

technique aux essais de remorquage et elle propose certains perfectionnements qui pourraient être apportés au système.

J. Brooke, D.L. McKeown

BOUÉES EXPÉRIMENTALES

Par suite de sa participation à la gestion du projet de Hermes Electronics Ltd., soit le système de collecte des données océaniques, la Division s'est intéressée à la conception des bouées de surface. Nous avons décidé d'étudier en particulier le comportement de la coque d'un yacht de série prise comme bouée océanographique. L'idée était déjà lancée depuis quelque temps, mais personne ne s'y était arrêté sérieusement. L'avantage principal que présente l'emploi d'une coque d'un modèle de série, à laquelle on ajoute un pont, est une économie de l'ordre de 30 p. cent par rapport aux autres bouées, sans compter qu'on peut se procurer une telle coque sans aucun délai. Une coque a déjà été achetée, équipée de détecteurs météorologiques et de détecteurs des mouvements, et elle a été amarée près des bouées du système de collecte des données et de la tour stable d'interaction air-mer. S'ajoutent à la série de détecteurs tous les instruments



Le nouvel anémomètre de poussée de vent en position de fonctionnement (photo de gauche) et dans son étui protecteur (photo de droite). (LOA 4140)

qu'on trouve normalement sur un yacht. L'objectif de cette expérience est de découvrir s'il est possible d'obtenir des données justes au moyen de ce nouveau type de bouée.

J. Brooke, J.-G. Dessureault, D.R. Harvey

AUTRES PROGRAMMES DE SOUTIEN

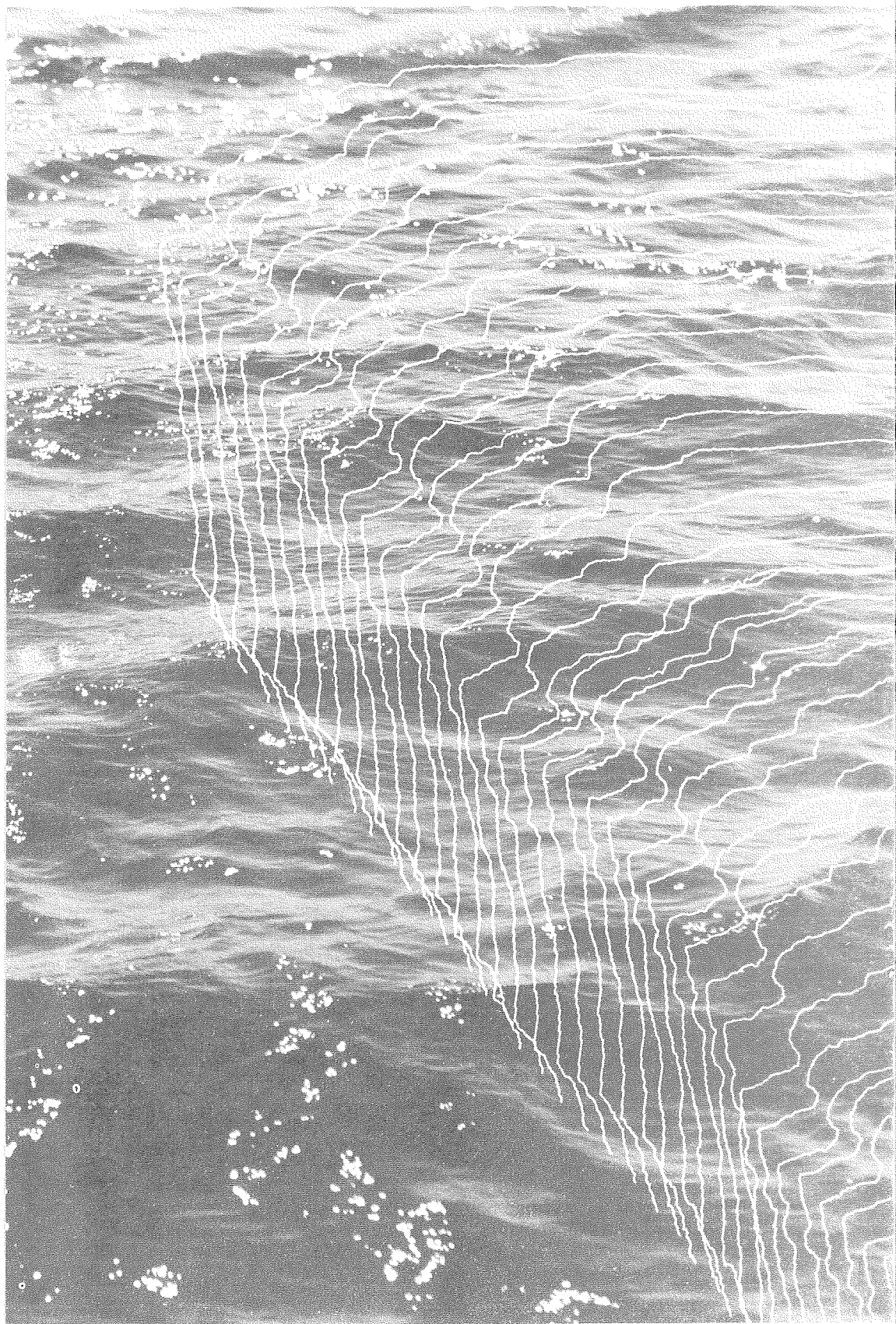
Notre laboratoire des normes a continué d'établir des normes océanographiques et d'étalonner les instruments électroniques, mécaniques et océanographiques. A l'atelier des machines, près de la moitié du temps est consacré à la mise au point d'instruments et à la construction de prototypes pour tout l'Institut.

La Division a beaucoup travaillé à la préparation d'interfaces entre notre mini-ordinateur HP-2100 et nombre de systèmes expérimentaux créés à l'Institut. Les Services techniques (Ressources de l'Institut) peuvent maintenant fournir aux Divisions quinze pingers acoustiques universels qui ont été achetés, essayés et étalonnés par l'Institut. Un enregistreur universel de données a aussi été mis au point et utilisé dans des expériences scientifiques.

La Division a aidé l'Institut national d'océanographie de Goa, en Inde, par l'entremise de l'Agence canadienne de développement international, en fournissant des instruments océanographiques et en initiant le personnel de cet Institut au fonctionnement des appareils au moyen de cours donnés sur les vaisseaux de l'Institut et à Goa.

Anémomètre de poussée de vent. — Un nouvel anémomètre de poussée de vent a été mis au point pour le groupe d'étude des interactions air—mer (voir Circulation océanique). Il est plus facile à fabriquer, il a moins d'effet sur les mouvements d'air ambiant, dérive moins, il est plus sensible et il produit une erreur due aux turbulences moins grande que l'anémomètre utilisé maintenant.

J.-G. Dessureault, D.F. Knox



Circulation océanographique

Les principales activités de la Division de la circulation océanique comprennent, notamment : des études sur le terrain des types généraux de propriétés océaniques telles que la quantité de mouvement, la chaleur et la salinité, ainsi que de leurs variations statistiques; la création de modèles théoriques et numériques des processus océaniques; des études théoriques, expérimentales et en laboratoire des processus de petite envergure à l'interface air-mer et dans la couche supérieure de l'océan; enfin, la mise au point de techniques d'amarrage et d'instruments de mesure des phénomènes à petite échelle.

Dans l'ensemble, notre programme s'oriente vers l'étude des phénomènes physiques qui ont lieu dans l'océan et dans la zone d'échange air-mer. Cela englobe, bien entendu, les programmes expérimentaux à grande échelle pour décrire la répartition moyenne des propriétés telles que la chaleur, la salinité et la quantité de mouvement, mais comprend surtout l'examen détaillé de phénomènes liés au temps. Dans ce dernier cas, les expériences se regroupent en deux types. Il y a d'une part l'examen à partir de courantomètres fixes, équipés de détecteurs de température qu'on peut laisser en place pendant un an et demi pour tracer l'image statistique des propriétés qu'ont les champs océaniques «de remous» et déterminer leur influence sur la circulation générale. D'autre part, la Division réalise des expériences, comme l'une qui fut menée dans la mer du Labrador — qu'on verra plus loin —, où l'on s'attache aux détails d'un phénomène particulier. Dans ce cas, nous avons étudié la formation d'eaux profondes et les mouvements de convection dans ces eaux. Pour en arriver à une meilleure compréhension des données, la Division s'est attachée davantage à la modélisation numérique. A mesure que nous découvrons la complexité des processus intraocéaniques, nous avons accordé plus d'importance à nos modèles numériques, non seulement pour obtenir une simulation directe de ce que nous connaissons des systèmes océaniques, mais aussi pour examiner l'action précise de divers processus dans ces modèles, processus qui, à la différence de l'océan, peuvent être variés pour mettre en lumière un mécanisme physique donné.

C'est au cours de la dernière année que le groupe d'étude des interactions air-mer a été rattaché à la Division. Parallèlement à la poursuite de nos travaux sur les microstructures, nous accorderons une plus grande importance à l'étude et à l'établissement des paramètres des processus à échelle réduite. Ce n'est qu'à partir de programmes de ce type que les océanographes pourront obtenir l'information nécessaire à la description des sources et des puits d'énergie, de la quantité de mouvement, etc., phénomènes dont la connaissance est indispensable pour la compréhension des processus océaniques à grande échelle.

La Division continue de travailler en collaboration avec d'autres établissements et d'autres organismes nationaux et internationaux. Des scientifiques français ont participé à nos travaux dans la mer du Labrador, alors que des scientifiques

de l'Institut océanographique Woods Hole et de l'entreprise mixte USA—USRR POLYMODE ont participé avec nous au projet des amarrages en eaux profondes. De même, notre groupe d'étude des interactions air—mer a participé au JASIN, le programme mixte d'expérience sur les interactions air—mer. C'est par cette collaboration que l'océanographie gardera son caractère international et que seront maintenus les échanges d'idées et de résultats entre océanographes, autant sur le plan national qu'international.

G. T. Needler

MER DU LABRADOR

La mer du Labrador intéresse beaucoup les océanographes canadiens, tant à cause de l'immense masse d'eaux profondes qu'elle engendre qu'à cause de son influence indirecte, par le courant du Labrador, sur l'océanographie des plateaux continentaux du Sud. Après analyse des données obtenues par l'Institut et d'autres établissements, les spécialistes croient que la mer du Labrador est animée d'une faible circulation cyclonique intérieure, entourée par des courants limitrophes plus puissants au-dessus des talus continentaux. La mer centrale est peu stratifiée à cause de la structure en dôme des isopycnales en son centre, qui résulte d'ailleurs de la faible circulation cyclonique. On a bien dit que des petits remous cycloniques (peut-être générés par les vents) peuvent briser cette stratification et occasionner ainsi la formation des eaux profondes jusqu'à 1500 mètres par l'action du refroidissement en surface. L'examen des stations hydrologiques d'année en année à la station météorologique océanique Bravo indique que des volumes importants d'eau de la mer du Labrador sont formés par des mécanismes de convection profonde sur presque toute l'étendue du bassin durant des années semblables à 1967, alors que dans les autres années ces volumes d'eau ne sont formés qu'en toutes petites quantités durant des temps brefs. Les relevés suggèrent que la température des eaux profondes au-dessous de la zone soumise aux influences saisonnières s'élève progressivement au cours des années, puis décroît abruptement durant les hivers semblables à celui de 1967, puis recommence de nouveau lentement à se réchauffer.

De février à avril 1976, les spécialistes de l'océanographie physique et chimique de l'Institut, de l'université Dalhousie à Halifax, et du Musée national d'histoire naturelle de Paris, ont enquêté sur quelques-uns des processus dynamiques de la mer du Labrador vers la fin de la période du refroidissement hivernal. Ils voulaient étudier les mouvements de convection profonde, s'ils parvenaient à les découvrir, et la structure du bras du courant du Labrador le plus au large. À cause de l'épaisseur anormale des glaces cette année-là, seulement trois amarrages de courantomètres ont pu être mis en place sur la pente du plateau continental; par surcroît, l'un d'eux n'a pu être tenu entre deux eaux dès l'amarrage comme prévu et n'a donc pu fournir de données valables. L'analyse préliminaire des autres données a permis toutefois d'obtenir une certaine approximation des vitesses en périphérie et de leurs variations peu fréquentes.

Au cours de l'expérience de mars 1976, le flanc ouest de la mer du Labrador était très peu stratifié; les stations CTP (conductivité—température—profondeur) à 100 kilomètres au large des glaces n'ont révélé un gradient adiabatique de température que jusqu'à 1500 ou 1600 mètres. Vers le centre, l'eau était presque stable malgré certaines apparences de couches d'eau intercalées tout au long de la colonne d'eau et ayant des caractéristiques T—S (température—salinité) légère-

ment différentes. Par la suite, nous avons constaté que la colonne d'eau était stable jusqu'à plus de 2000 mètres, soit la limite de profondeur de la CTP. Des flotteurs à flottabilité neutre, ceinturés d'ailettes sensibles aux courants verticaux, ont été posés entre 200 et 600 mètres de profondeur dans les eaux stables neutres; nous avons eu recours au Batfish pour délimiter les champs de salinité et de température dans les 200 mètres supérieurs. Les données semblent révéler un mouvement des flotteurs parallèle à une ligne de démarcation d'une colonne d'eau très homogène et en rotation, ayant de 10 à 20 kilomètres d'étendue, et d'une masse d'eau moins mélangée et un peu plus chaude. Les vitesses verticales sur la circonférence pouvaient atteindre 3 centimètres à la seconde et le mouvement osciller tantôt vers le haut, tantôt vers le bas. On peut supposer que cela est la cause du mélange efficace des eaux, qui, par ailleurs, plongent plus profondément qu'il n'avait été observé précédemment.

R.A. Clarke, J.R.N. Lazier

LE GULF STREAM

Au cours des dernières années, la Division a installé plusieurs amarrages pour de courtes périodes dans les eaux profondes au-dessous ou de chaque côté du Gulf Stream. Bien que quelques amarrages aient été mis en place uniquement pour permettre l'amélioration des systèmes d'amarrage, beaucoup d'autres ont été placés en vue d'étudier la force et la direction de l'écoulement en profondeur, ce qui supposait évidemment que le Gulf Stream conservait ses caractéristiques jusqu'au fond et qu'avec ces mesures en profondeur et la connaissance du champ de densité, il était possible de connaître le transport du courant lui-même. Mais l'instabilité des courants profonds, tant dans leur direction que dans leur force, est maintenant bien connue et l'étude des mouvements océaniques momentanés, souvent appelés «remous», suscite un intérêt de plus en plus vif chez les océanographes d'un grand nombre de pays. Il apparaît presque certain que dans la plupart des océans profonds les remous sont aussi importants que les courants moyens faibles pour le transport de la chaleur, de la quantité de mouvement, de la vorticité, etc.

Au printemps de 1975, l'Institut océanographique Woods Hole, dans le cadre du programme mixte USA—USSR POLYMODE, a disposé un réseau d'amarrage le long du 55 °N. jusqu'au flanc nord du Gulf Stream. En décembre 1975, profitant de la couverture ainsi offerte dans le Sud, nous avons posé trois amarrages profonds à 20, 50 et 90 kilomètres à l'ouest de l'un de ceux de Woods Hole, plus ou moins dans l'axe reconnu du Gulf Stream. Chacun des amarrages était équipé de courantomètres à environ 4000 et 4800 mètres de profondeur, chacun devant être réajusté deux fois pour une période totale d'enregistrement d'environ 18 mois. L'analyse des données devrait nous fournir des renseignements précieux sur l'écoulement momentané au-dessous du Gulf Stream, y compris, nous l'espérons, des évaluations fermes d'un grand nombre de quantités statistiques, notamment l'écoulement moyen. L'écoulement profond moyen, durant les 6 premiers mois d'expérience, fut orienté vers le nord-ouest au lieu d'être orienté vers l'est, comme c'est le cas du Gulf Stream en surface.

G.T. Needler, R.F. Reiniger, R.M. Hendry

DÉBORDEMENT DU DÉTROIT DU DANEMARK

La dorsale du Groenland à l'Écosse entrave l'écoulement libre des eaux froides et denses de la mer de Norvège dans les bassins profonds de l'Atlantique Nord. Mais

les débordements qui se produisent sur plusieurs points de la dorsale en rasant le fond contribuent de façon importante à la formation des eaux profondes et des eaux de fond de l'Atlantique Nord.

Durant un mois, d'août à septembre 1973, la Division étudia la région comprise entre le Groenland et l'Islande dans le cadre de l'expédition Overflow '73, sous l'égide du Conseil international pour l'exploration de la mer. La Division installa 11 courantomètres le long d'un plan coupant la ligne de débordement juste au sud du seuil et les instruments permirent de faire le relevé d'une série chronologique des mouvements de transport des eaux de débordement (température plus petite que 2 °C). Les relevés montrent que le débordement varie entre 1 et 7×10^6 mètres cubes à la seconde, avec une moyenne de $2,5 \times 10^6$ mètres cubes à la seconde, et qu'il s'effectue par fortes poussées d'à peu près une journée, à intervalles de plusieurs jours.

Comme il y a toujours des eaux froides et denses au nord du seuil, beaucoup plus près de la surface que le sommet du seuil, on peut se demander pourquoi il existe une aussi grande variabilité de l'écoulement plus au sud. Un mécanisme vraisemblable serait le débordement forcé en fonction du temps et sous l'action des changements atmosphériques; des tentatives pour vérifier ce mécanisme se sont cependant soldées par un échec. Dans ce cas-ci, malgré l'influence prépondérante des fluctuations, à l'échelle de la durée de l'expérience, sur les gradients atmosphériques de pression dans le détroit et autour, les différences de pression à période courte enregistrées de part et d'autre du seuil correspondent de très près aux variations du transport. Même en supposant que le courant s'ajuste aux différences de pression en s'alignant dans la direction d'un écoulement d'eau par le détroit, courant compensateur des changements du niveau de la mer, eux-mêmes dus aux différences de pression atmosphérique, il faudrait en expliquer encore la raison physique; on voit mal en effet pourquoi l'ajustement se ferait par écoulement dans un resserrement (le détroit du Danemark) plutôt que par écoulement dans des secteurs entièrement ouverts.

C.K. Ross

MODÈLES NUMÉRIQUES DES SYSTÈMES OCÉANIQUES

En océanographie physique, l'importance des modèles numériques des processus océaniques ne saurait être sous-estimée. Les océans sont d'immenses systèmes complexes où la cueillette des données se révèle coûteuse et souvent très partielle. La recherche théorique à partir des formes d'analyse classique a, par le passé, expliqué la dynamique linéaire des océans types; mais l'analyse classique ne peut expliquer les processus non linéaires, la formation de limites irrégulières, ainsi que les actions et interactions complexes ayant un déroulement chronologique, tous des processus qui ont un effet important sur la circulation océanique réelle. La modélisation numérique a prolongé l'analyse classique parce que en principe elle peut résoudre toutes les difficultés mentionnées, bien qu'en pratique elle ait aussi ses limites. Ainsi, la vitesse et la capacité des ordinateurs constituent un facteur limitatif : on mobilise parfois des ordinateurs puissants pendant de nombreuses heures pour calculer la circulation à grande échelle d'un océan stratifié, calculs qui doivent être détaillés jusqu'à la configuration des remous. Pour cette raison, la modélisation numérique des océans a été faite en grande partie par des groupes de chercheurs associés à des laboratoires qui disposent d'ordinateurs

puissants et rapides pour la prédiction météorologique numérique. Le Laboratoire océanographique de l'Atlantique (LOA) a entrepris un programme du genre depuis l'installation d'un CDC 7600 par le Service de l'environnement atmosphérique (SEA) au Centre météorologique du Canada à Dorval, au Québec, en 1974. Ce système est devenu entièrement opérationnel en 1975.

Au LOA, les premiers travaux de modélisation océanique ont été exécutés à l'aide d'un modèle obtenu d'une équipe de scientifiques de l'université de la Californie, à Los Angeles, apparenté au premier modèle algébrique mis au point pour les océans au Laboratoire géophysique de dynamique des fluides de Princeton. Cependant, nous avons dû modifier substantiellement le programme initial. L'arrivée d'un nouveau collaborateur vers la fin de 1975 a permis de faire avancer l'étude de la circulation limitrophe et celle à grande échelle induite par la topographie d'un océan semi-fermé. Les diagrammes suivants donnent un exemple de la fonction d'un courant de transport durant le cycle complet d'une oscillation induite dans un courant zonal par des gradins dans la topographie du fond.

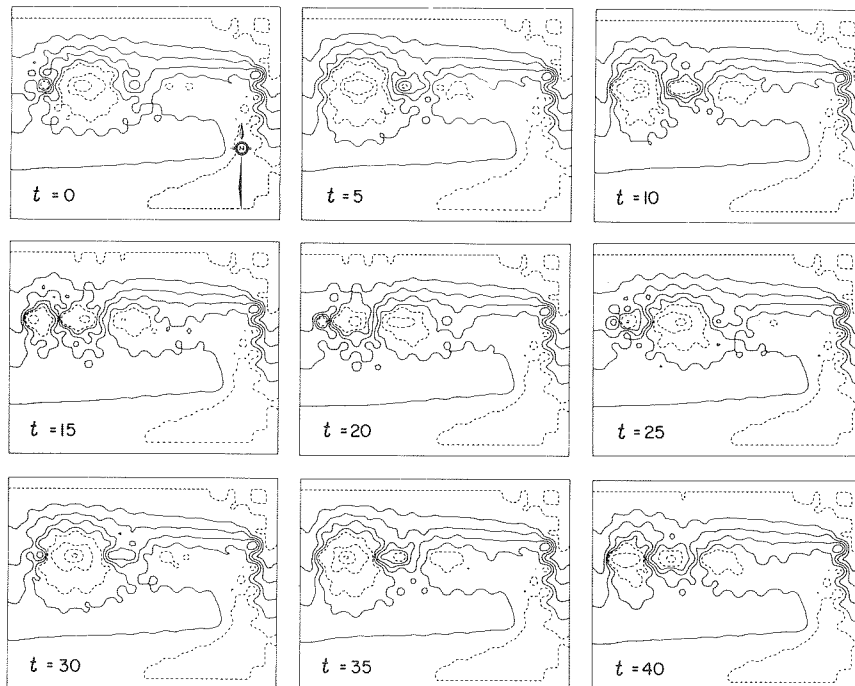
Tous nos travaux actuels tendent à perfectionner un modèle stratifié réaliste de la mer du Labrador; l'objectif est d'obtenir un modèle dont l'exploitation soit compatible avec le programme d'observation (décrit plus haut) de la mer du Labrador. Notre connaissance de la physique de l'intérieur océanique dépend dans une grande mesure de la réussite de travaux qui associent la modélisation numérique et les observations sur place.

C. Quon, K. T. Tee

DYNAMIQUE DU PLATEAU

Avant de planifier l'exploitation des régions côtières pour des activités récréatives, pour l'alimentation, pour l'exploration minière et pour le transport, il faut connaître la circulation et les mécanismes d'échange du plateau continental, et déterminer l'importance relative des différents agents responsables de la variabilité des phénomènes océaniques sur le plateau. En collaboration avec la Division de l'océanographie côtière, notre Division étudie le plateau de Scotian pour mesurer l'importance des causes de la variabilité, notamment les effets momentanés du vent, les échanges avec les eaux du large, les phénomènes liés aux marées et l'écoulement des eaux de rivière en fonction d'une ligne de rivage et d'une bathymétrie irrégulières. L'échelle de temps et la dimension spatiale de toutes ces sources varient à l'extrême, entraînant un ensemble de réponses très complexes sur le plateau.

Nous avons étudié des ensembles de données, par exemple les relevés des marémètres littoraux et les relevés météorologiques, pour trouver des fluctuations concordantes. Le long du littoral de la Nouvelle-Écosse, les changements à l'échelle synoptique du niveau de la mer suivent de très près les variations des vents littoraux, sans compter des différences saisonnières systématiques pour une pression donnée du vent. Ce type de réponse à des agents locaux contraste avec les observations faites sur d'autres plateaux, où les effets par résonance d'origine non locale sur la propagation des vagues expliquent en grande partie la variabilité. Le rôle prépondérant de la réaction aux phénomènes locaux sur le plateau de Scotian est une indication de l'écart entre les périodes des zones littorales libres et celles des actions météorologiques, et il implique l'importance,



Transport de masse d'un courant oscillant induit par la topographie. La période d'oscillation est de 27,4 phases. (LOA 4172)

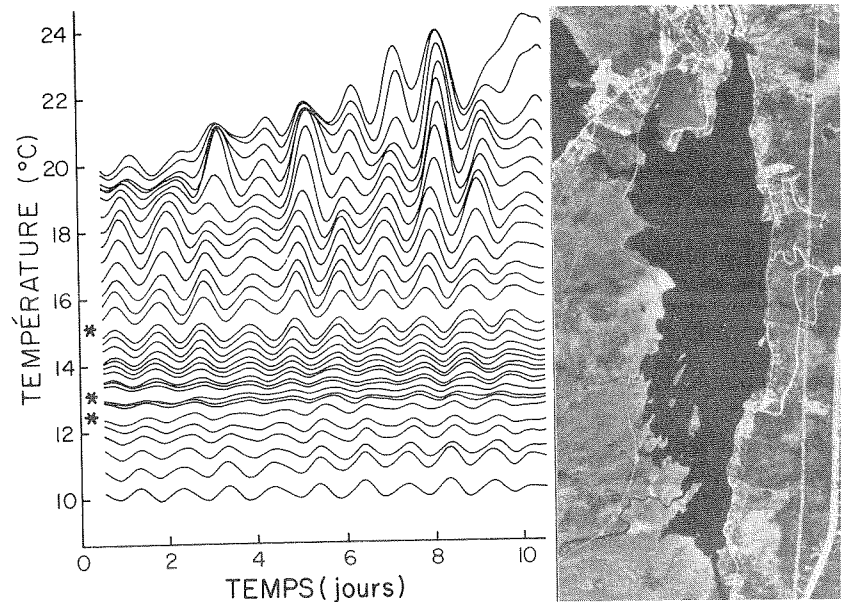
à l'échelle synoptique, de la friction liée aux mouvements des eaux. Nous préparons un modèle théorique pour cette région.

H. Sandstrom

RÉPARTITION VERTICALE DES EAUX DANS LES LACS

Durant l'été de 1975, nous avons poursuivi nos mesures du déplacement de la thermocline du lac William, en Nouvelle-Écosse, grâce à un réseau vertical de 44 sondes de température. La figure suivante reproduit quelques-uns des relevés de température des 10 premières journées d'observation. L'espacement vertical des lignes correspond à un écart de 20 centimètres, sauf aux endroits marqués d'un astérisque indiquant le mauvais fonctionnement d'une sonde, et à l'exception des 4 sondes les plus profondes et les plus distantes les unes des autres. Les courbes ont été ajustées de façon à éliminer les brèves variations de température et à mettre en valeur les fortes oscillations quotidiennes, évidentes dans tous les relevés. L'aspect le plus intéressant du diagramme est la démonstration du déphasage entre l'oscillation quotidienne et la profondeur. Il se produit, avec la profondeur, un glissement continu de près de 360° . Ce changement de phase franchissant la thermocline fait que le gradient vertical de température est alternativement plus haut et plus bas que le gradient moyen, et comme il varie régulièrement avec la profondeur, les gradients anormaux semblent se déplacer vers la surface avec le temps.

L'analyse théorique des oscillations internes provoquées par le vent dans un lac long et étroit, stratifié et visqueux, comme le lac William, laisse prévoir des oscillations de température semblables à celles qui sont reproduites dans la figure. Le changement total de phase à travers la thermocline dépend directement, en théorie, du rapport entre la profondeur et la longueur du lac et du degré de stratification, c'est-à-dire de la variation de température depuis la surface jusqu'au fond du lac. Le changement de phase est en fonction inverse de la fréquence du vent qui cause les mouvements à l'intérieur du lac. Ainsi, les changements de phase observés dans les relevés de température du lac William résultent de la forme du lac, du degré de stratification et des fortes variations quotidiennes du vent. L'étude théorique montre aussi que la phase de l'oscillation varie régulièrement avec la profondeur, à cause de la viscosité de l'eau. En excluant des calculs la viscosité, on voit que le changement de phase se produit par couches infiniment minces et que les gradients verticaux anormaux de température ne paraissent pas se déplacer dans la colonne d'eau.



Relevés de température de dix jours, au lac William, en Nouvelle-Écosse. (LOA 3188)

Nous avons bon espoir que les conclusions tirées de cette étude nous aideront à mieux comprendre la formation et la nature de certaines structures verticales rencontrées dans l'océan. Dans ce sens, nous sommes encouragés par des travaux récents au large du littoral de la Californie où des observations, semblables aux nôtres, de la structure verticale de température, ont montré une grande similitude de comportement avec ce que nous avons observé au lac William.

J.R.N. Lazier

ÉTUDE DES MICROSTRUCTURES

Partout, dans les océans, il existe un nombre important de bandes ou de couches d'une structure complexe, avec un gradient vertical dont les tranches ne dépassent pas

sent pas un centimètre. Ces structures à petite échelle interviennent de façon importante dans les mécanismes de mélange et de dissipation. La Division a poursuivi l'étude expérimentale de ces structures avec le profileur vertical OCTUPROBE. A l'automne de 1975, une expédition a suivi une route semblable à celle qui avait été suivie les années précédentes jusque dans la région du Gulf Stream et nous en avons profité pour évaluer une nouvelle version du système de mesure de la température. La qualité des données, du moins en ce qui concerne le rapport signal utile sur bruit, a permis de calculer la forme des courbes de température à moins d'un centimètre de précision.

L'allure des courbes couvrant une grande variété de conditions est assez constante et correspond bien aux courbes prévues dans le cas de sauts brusques de température modérés par la diffusion thermique.

Nous analysons présentement les données de température recueillies au cours de l'expédition GATE de 1974 dans la zone tropicale de l'Atlantique (voir le Rapport bisannuel pour 1973-1974) afin d'alimenter un modèle mathématique capable de faire l'évaluation du flux thermique vertical à travers la thermocline de surface dans la région étudiée au cours de l'expédition GATE. La variété des données obtenues au cours de cette expérience permettra de comparer les évaluations du flux calculées par plusieurs techniques.

Notre programme prévoit l'examen de divers phénomènes responsables des structures à petite échelle. Au cours de l'expédition GATE de 1974 et de l'expédition du Gulf Stream de 1975, des données ont été obtenues à partir d'un réseau de thermomètres dont les sondes étaient espacées d'un centimètre à un mètre. Nous analysons présentement ces données pour reconstituer l'image en trois dimensions de la structure déterminée. Au cours d'une autre expédition à l'automne de 1976 près du bassin d'Émerald (plateau de Scotian), nous avons recueilli des données qui permettent de suivre le cycle d'évolution des structures à petite échelle, en même temps que nous faisons le relevé de divers paramètres susceptibles d'être responsables de l'existence de ces structures, y compris les petits cisaillements verticaux causés par la vitesse de l'eau.

J.A. Elliott, N.S. Oakey

MESURE DE LA PRESSION DU VENT

Les phénomènes d'interaction air-mer interviennent beaucoup dans la génération des courants de dérive et dans la formation de masses d'air et d'eau. La pression du vent et le flux thermique en surface ont été calculés par les scientifiques de notre Division et ont aussi été déduits des relevés de fluctuations turbulentes du vent et de la température en un point fixe à quelques mètres au-dessus de la surface de l'eau. Les flux turbulents exercent une grande action durant les tempêtes, mais il n'existe pas de mesure directe dans de telles conditions à cause de la difficulté de faire fonctionner des détecteurs délicats lorsqu'il y a de grosses vagues. Pour cela, il faut une plate-forme spéciale. En général, il est impossible d'utiliser les bateaux parce que ces derniers font dévier le vent et de ce fait transforment les phénomènes à étudier, et aussi parce qu'il est difficile de supprimer dans les mesures les effets introduits par les mouvements du bateau. Les installations de forage sont plus stables mais les endroits suffisamment exempts d'interférences avec les mouvements d'air sont trop loin de la surface pour être acceptables. Nous avons donc construit une tour stable capable de résister à

des vagues de 18 mètres et, en juillet 1976, nous l'avons amarrée par 58 mètres de fond dans les atterrages du port d'Halifax, où la course des vents sud et est de l'Atlantique Nord n'est pas entravée. La tour peut être équipée d'instruments de mesure de la résistance du vent, des échanges de chaleur en surface et de la hauteur des vagues. Il s'agit d'une structure d'acier, longue de 47 mètres, avec 6 grands flotteurs fixés sur sa moitié inférieure. L'autre moitié dépasse de 12,3 mètres le niveau moyen de la mer. La tour est attachée par 12 lignes d'ancrage diagonales et une ligne verticale, qui sont tendues en raison de la flottabilité positive de l'installation.

La résistance du vent en surface et les échanges thermiques sont mesurés par l'anémomètre de poussée de vent et un micro-thermistor de l'Institut installés au sommet de la tour. Un accéléromètre mesure les mouvements de la tour; des dynamomètres mesurent la tension des 6 câbles supérieurs de soutien; et un jalon à fil de résistance mesure l'état de la mer. Les données sont mesurées à partir de l'Institut par un signal multiplexé à modulation de fréquence, et l'équipement de la tour est actionné par un signal radio provenant de l'Institut. Des accumulateurs d'auto, chargés par un générateur de 24 watts relié à une éolienne, alimentent la tour. La durée prévue de l'expérience est de deux ans, à compter de l'automne 1976.

La tour est équipée aussi d'un système utilisé par le personnel de l'Institut océanographique de l'université de la Colombie-Britannique. Ce système comprend un anémomètre à girouette et hélice et des détecteurs de température et d'humidité pour mesurer la résistance du vent, le flux thermique et l'évaporation. Le matériel d'enregistrement comprend des enregistreuses à bandes numériques et la transmission des données se fait au moyen du système téléométrique de l'Institut. L'expérience de l'université durera de septembre 1976 à mai 1977.

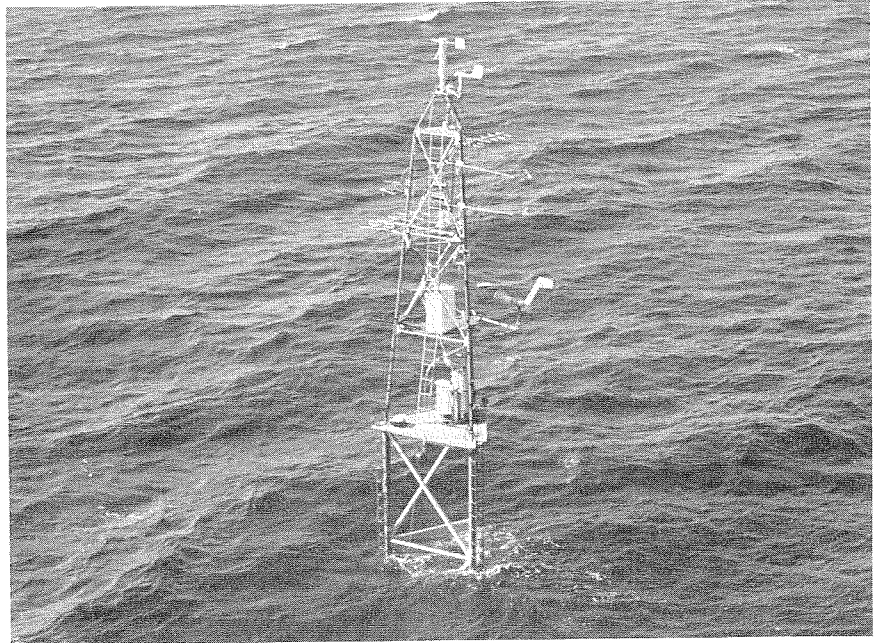
Des télémètres de la température ont été utilisés par le Service de l'environnement atmosphérique, à Toronto, au cours de la période d'essai de la bouée pour la collecte de données sur l'océan, en septembre et octobre 1976. Ce système était indépendant des autres systèmes de mesure de la turbulence.

Nous avons aussi participé à l'expédition mixte sur la dynamique des glaces de l'Arctique (AIDJEX) dans la mer de Beaufort, et nous avons mesuré la résistance du vent sur la glace de pack et sur les crêtes de glace aux printemps de 1975 et de 1976. Une comparaison entre les systèmes de mesure des flux turbulents de l'Institut et de l'université a été faite à l'île de Sable à l'automne de 1975. À l'été de 1976, des mesures préliminaires du flux de CO₂ à l'île de Sable ont été effectuées avec la collaboration de la Division de l'océanographie chimique. Nous avons terminé une étude du profil des vents et de la turbulence au-dessus du bassin de Bedford.

*S.D. Smith, F.W. Dobson, E.G. Banke, R.J. Anderson,
D.L. Hendsbee, A.H. Meshal*

CROISSANCE DES VAGUES

Nous avons poursuivi la recherche expérimentale sur la génération des vagues, mais avons confiné nos travaux au cours des deux dernières années à l'analyse des données, à l'étalonnage et à la préparation d'expériences à venir. Nous étudions les résultats de deux expériences importantes sur le terrain : le programme



La tour fixe ancrée près des atterrages du port d'Halifax. (LOA 4092)

mixte sur les vagues de la mer du Nord (projet JONSWAP), mis en oeuvre en Allemagne en 1973, et l'expédition dans l'anse d'Abaco, aux Bahamas en 1974. Dans les deux cas, le *wave follower* de l'Institut, un servo-mécanisme actionné hydrauliquement, dont la fonction est de maintenir les détecteurs de l'écoulement d'air à une certaine hauteur au-dessus de la surface mobile de la mer, a été employé en des endroits qui convenaient à l'observation du développement d'un champ de vagues produites par le vent. (Le lecteur consultera l'article sur les vagues océaniques rédigé par F.W. Dobson et présenté à la section Études océanographiques, partie E du présent rapport.)

Des ateliers mixtes d'analyse des données, d'une durée de trois mois, ont été tenus, l'un pour les données du JONSWAP et deux pour les données de l'anse d'Abaco. La conclusion principale du programme JONSWAP est en partie négative : il a été démontré, en effet, que la contamination par des vagues d'origine non locale rendait impossible l'évaluation des vitesses de croissance des vagues et de la résistance de l'air due aux vagues. Après l'élimination soignée des difficultés provenant des instruments, l'expédition dans l'anse d'Abaco a donné le jeu de renseignements le plus complet que nous possédions à ce jour sur la structure verticale et horizontale des fluctuations barométriques au-dessus des vagues dues aux vents qui s'élèvent. L'analyse touche à sa fin et les résultats sont très encourageants.

F.W. Dobson, J.A. Elliott, E.G. Banke

SECTION B

**Laboratoire d'écologie
marine (LEM)**

**Sciences océaniques
et aquatiques, Atlantique**

**Ministère de
l'Environnement, 1975-1976**

Directeur intérimaire : T.C. Platt

Programme d'océanographie biologique
Programme de la qualité de l'environnement
Programme de mise au point du matériel
Programme d'océanographie des pêches
Administration

Notes du directeur

Au cours des deux dernières années, le Laboratoire d'écologie marine a connu de grands changements, accompagnés d'une certaine incertitude. En l'absence d'un directeur permanent, trois chercheurs se sont relayés à ce poste.

Une vaste réorganisation du Service des pêches et de la mer a modifié nos relations et nos échanges avec les laboratoires régionaux. Contrairement aux autres laboratoires de l'ancien Office des recherches sur les pêcheries, le Laboratoire d'écologie marine dépend maintenant des Sciences océaniques et aquatiques (Atlantique) et il est donc en étroite liaison avec le Laboratoire d'océanographie de l'Atlantique. Ces changements ne peuvent avoir que d'heureux effets sur nos recherches. Nous n'avons, toutefois, nulle intention de relâcher les liens solides qui nous unissent aux autres laboratoires de l'ancien Office des recherches sur les pêcheries de la région, aujourd'hui intégrés à la Gestion des pêches.

De par la nouvelle structure administrative, plusieurs programmes et fonctions relevant autrefois du LEM sont à présent sous la responsabilité de la Gestion des pêches, notamment la gestion et le contrôle financier d'un important programme d'évaluation des bancs du plateau continental à l'aide du compteur acoustique mis au point par le LEM, ainsi que le programme de conchyliculture de M. R. Drinnan et l'exploitation de la sous-station d'Ellerslie, à l'Île-du-Prince-Édouard.

Des changements sont également survenus dans notre personnel. M. B.S. Muir est maintenant à Halifax au sein de la Gestion des pêches, à la tête de la Direction des ressources; M. E.M. Hassan a rejoint le ministère d'État aux Sciences et à la technologie à Ottawa; M. A.D. Jassby travaille pour le Lawrence Radiation Laboratory de Berkeley, et M. S.J. Crabtree nous a quittés pour étudier la médecine. Nous sommes heureux de revoir M. S.R. Kerr qui revient après quatre ans passés au ministère des Ressources naturelles de l'Ontario.

La construction de la nouvelle aile du LEM progresse, et malgré quelques retards nous prévoyons nous y installer au début de 1977. Ce sera la première fois depuis nombre d'années que tout le Laboratoire occupera un même bâtiment. Nous travaillons aussi à l'élaboration de projets de rénovation du laboratoire pour aquariums et d'amélioration de notre système d'alimentation en eau salée.

Les chercheurs du Laboratoire d'écologie marine continuent d'apporter leur concours au monde scientifique. À l'université Dalhousie d'Halifax, M. K. L. Denman a été, à titre gracieux, chargé de cours en océanographie tandis que M. T. C. Platt donnait un cours sur l'interprétation des données océanographiques; MM. B. T. Hargrave, D. C. Gordon Jr., T. C. Platt et D. M. Ware, engagés comme chercheurs associés à l'université susmentionnée, ont dirigé des étudiants diplômés aux départements de biologie et d'océanographie; MM. R. J. Conover, S. R. Kerr et J. Vandermeulen ont dirigé des travaux de thèse à la même univer-

sité. Enfin, MM. Sutcliffe et D. Gordon sont membres de la Corporation of the Bermuda Biological Station for Research.

Nous attendons avec impatience la nomination d'un directeur pour 1977.

*Le Directeur intérimaire
Laboratoire d'écologie marine*

A handwritten signature in cursive script, appearing to read 'T.C. Platt', with a horizontal line extending from the end of the signature.

T.C. Platt



Océanographie biologique

Le groupe d'océanographie biologique étudie les mécanismes de l'écosystème planctonique. Nous espérons que nos recherches permettront un jour de prévoir, tout d'abord au sein de la communauté planctonique et ensuite pour les pêcheries commerciales, les changements dans la production biologique d'une année à l'autre et d'un endroit à l'autre. Voici les grandes lignes des études poursuivies au cours des deux dernières années.

ÉCOLOGIE ET PHYSIOLOGIE DU PHYTOPLANCTON, DU ZOOPLANCTON ET DES POISSONS

Rapports entre la photosynthèse et la lumière chez des groupes naturels de phytoplancton littoral. — Notre objectif général étant d'améliorer notre capacité de prévoir en matière de biologie marine, nous avons axé une grande partie de nos recherches sur la réévaluation des relations entre le taux de photosynthèse et la quantité de lumière dont dispose le phytoplancton pour sa croissance. Après avoir rédigé une analyse critique des choix possibles pour la représentation mathématique de cette relation fondamentale, les équations applicables ont été réécrites en une forme (avec deux paramètres) qui permette de comparer directement leur capacité de décrire les données expérimentales. Près de 200 expériences en incubateur ont été menées au laboratoire avec des groupes naturels de phytoplancton littoral; on obtint ainsi un ensemble de données idéal pour comparer les équations. La meilleure équation fut choisie et ses paramètres ajustés pour chaque expérience et analysés en fonction des variations de profondeur, de la saison et de la réaction aux facteurs environnementaux de covariation comme la température et l'ensoleillement. Nous avons observé une importante variation saisonnière. En moyenne, l'efficacité du plancton à utiliser la lumière ambiante n'est que d'environ 50 p. cent de sa capacité théorique maximale. La stabilité des paramètres a également été étudiée pour différentes durées, soit des heures et des jours. L'assimilation du CO_2 dans l'obscurité a été mesurée dans le bassin de Bedford : elle variait de 20 p. cent (en été) à 200 p. cent (en hiver) de l'assimilation à la lumière. Nous avons évalué la fixation du carbone dans l'obscurité à 50 grammes par an par mètre carré, soit environ 25 p. cent de la production photosynthétique annuelle calculée.

T.C. Platt, A.D. Jassby

Théorie de la chaîne alimentaire pélagique. — Nous avons élaboré une théorie d'équilibre dynamique de la structure de l'écosystème pélagique, en particulier de la distribution des organismes suivant la taille dans la zone pélagique. Cette théorie se fonde sur des rapports généralement acceptés entre le poids, le métabolisme et la croissance. Elle tient compte de toute la biomasse, depuis les organismes les plus petits jusqu'aux plus grands, grâce à une échelle de taille comportant huit classes. Cette technique permet d'obtenir des expressions analytiques

simples de la structure de l'écosystème pélagique vérifiables par mesure directe. La conclusion principale, qui veut que la biomasse d'une classe de taille donnée décroisse régulièrement en fonction de la croissance de la taille, concorde assez bien avec les données recueillies dans les océans subtropicaux par d'autres collègues de notre laboratoire.

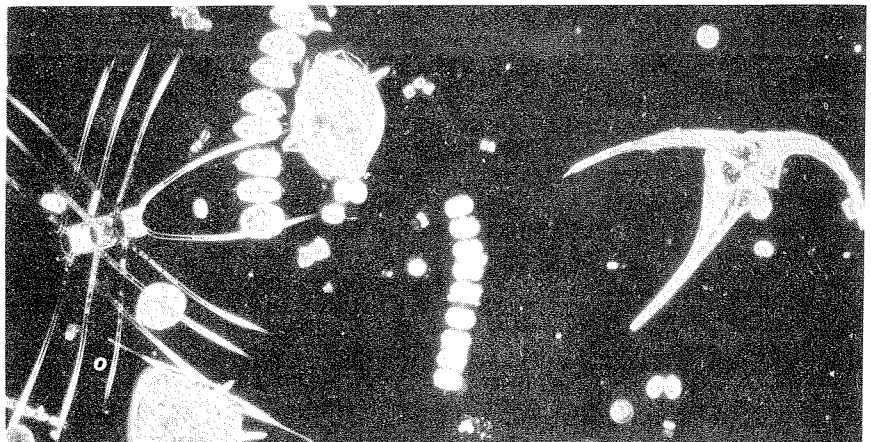
T.C. Platt, K.L. Denman

Fractionnement par taille de la production du phytoplancton. — Les algues phytoplanctoniques varient beaucoup en taille et en forme : on trouve des flagellés unicellulaires (3 microns) ainsi que des diatomées filamenteuses (moins de 1000 microns). Des études menées dans divers milieux marins à l'aide de différentes techniques permettent d'en arriver à la conclusion générale suivante : le nanoplancton (moins de 65 microns) constitue souvent plus de 70 p. cent de la biomasse et de la production du phytoplancton et il subit moins de variations reliées au temps que les classes de taille supérieure.

Une énumération quantitative et qualitative des échantillons de phytoplancton recueillis au cours des dernières années dans les eaux côtières de la Nouvelle-Écosse et de la baie de Fundy a démontré l'importance du nanoplancton. Des échantillons vivants ont été fractionnés et les diverses fractions ainsi obtenues étudiées dans le but de connaître : la variation de leur biomasse et de leur taux d'assimilation du carbone; l'abondance qualitative et quantitative des principaux groupes de phytoplancton, soit les phytoflagellés, les diatomées et les dinoflagellés; et leur taux de photosynthèse en présence de bioxyde de germanium, inhibiteur de la photosynthèse chez les diatomées.

S. R. V. Durvasula, T.C. Platt

Quelques rapports entre le zooplancton et la chaîne alimentaire. — Des études saisonnières dans le bassin de Bedford (N.-É.) permettent de croire que l'excrétion de l'ammoniac par le zooplancton est étroitement liée à la quantité et à la composition chimique de la matière en suspension dont il se nourrit. Les hydrates de carbone ont un effet minime sur les protéines du zooplancton, mais les protéines de l'alimentation augmentent l'excrétion de l'azote par le zooplancton.

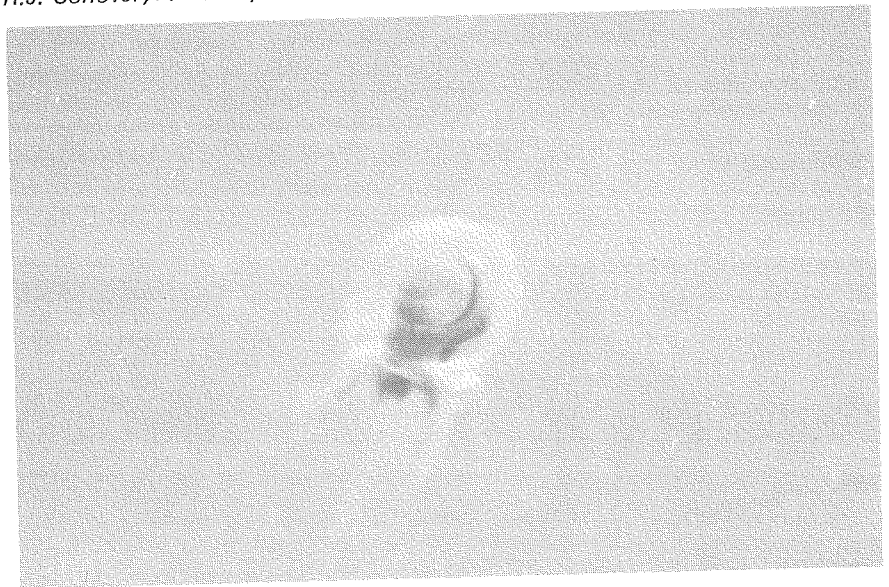


Phytoplancton marin

La respiration du zooplancton est en grande partie indépendante de la quantité de nourriture présente mais est directement liée à la température et à la taille des organismes. Des équations prévisionnelles de régression multiple accordent jusqu'à 95 p. cent de la variance à l'excrétion mais s'avèrent moins fiables pour la respiration.

La distribution des enzymes digestives du zooplancton est, elle aussi, étroitement liée à la composition chimique de la matière en suspension dans l'eau. La capacité d'ingestion du zooplancton peut également être liée à l'abondance des enzymes. En milieu naturel, il est probable que le zooplancton s'habitue à un accroissement de la nourriture accessible, en fabriquant les enzymes nécessaires et en modifiant d'autres mécanismes, phénomènes que nous n'avons pas encore complètement élucidés. Ainsi, le zooplancton peut faire un usage optimal de la nourriture accessible, quelle qu'en soit la concentration, et sa réaction d'ingestion n'atteindrait pas de point de saturation comme de nombreuses études en laboratoire le laissaient croire. Cependant, le zooplancton semble ne pas apprécier certaines particules et, à moins de ne disposer d'aucune autre nourriture, il ne les ingère pas, même s'il demeure longtemps en leur présence.

R.J. Conover, P. M. Mayzaud



Spiratella retroversa (1 mm de diamètre) : photographie prise sous l'eau.

Expériences avec des réservoirs en colonne. — À l'Aquatron de l'université Dalhousie, deux tentatives visant à établir des populations de grands organismes zooplanctoniques ont eu lieu. Le ptéropode *Spiratella retroversa* est demeuré en vie au moins trois semaines au cours desquelles nous avons pu étudier sa façon de nager et de s'alimenter. Les organismes ont tendance à demeurer dans les quatre mètres supérieurs de la colonne d'eau en nageant moins de 25 p. cent du temps, même lorsqu'ils transportent une coquille au moins aussi lourde que leurs tissus vivants. Le reste du temps, ils coulent lentement, d'environ 15 cm à la minute, et ils se nourrissent probablement à l'aide des cils de leurs nageoires,

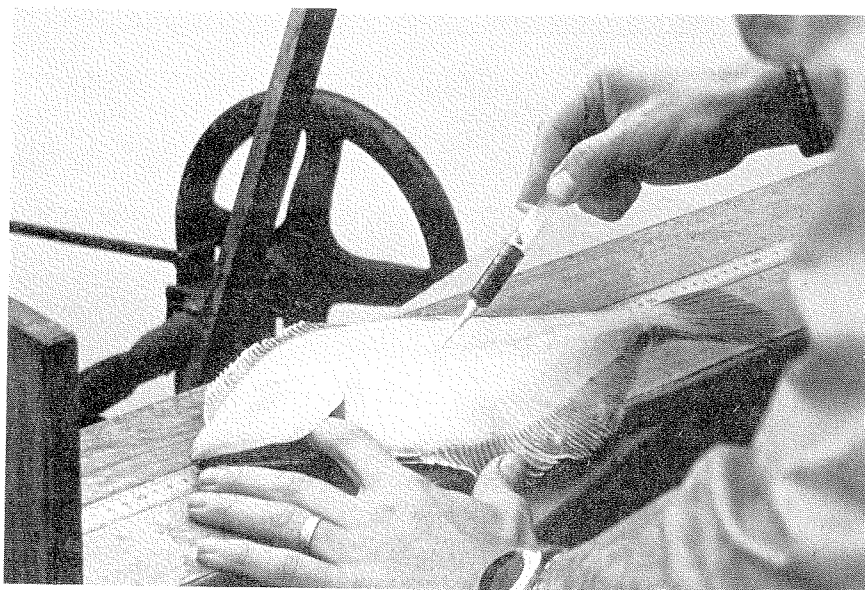
de leur pied et de leur manteau. Même si nous ne comprenons pas parfaitement les mécanismes de flottabilité de ces organismes nous avons observé qu'au moment de l'ingestion, les nageoires adoptent une position particulière.

Durant plus de trois mois, le chétognathe *Sagitta elegans* est demeuré en vie dans le même réservoir, ainsi qu'une population de copépodes néritiques (littoraux) dont le chétognathe, semble-t-il, se nourrissait. Ces organismes très fragiles se tenaient presque toujours en position verticale, tête en haut ou en bas. Nous n'avons noté de régularité, ni dans les migrations, ni dans les périodes d'ingestion. La majorité de la population demeurait en permanence au fond du réservoir; elle se reproduisait et elle était apparemment en bonne santé jusqu'au jour où un accident vint interrompre notre expérience.

R.J. Conover, M.A. Paranjape

Adaptation physiologique chez le phytoplancton et le poisson. — L'objectif de cette étude est de connaître l'interaction dans des laps de temps variables, de divers paramètres de l'environnement, soit physiques, soit biologiques : l'intensité lumineuse, la longueur d'onde, la radiation solaire totale, la température, la salinité, la quantité de nourriture disponible, etc., sur l'absorption, l'utilisation et la distribution d'énergie dans les organismes. Nous étudions particulièrement l'acclimatation du niveau des enzymes clés qui règlent le taux de fixation du CO_2 et la distribution du carbone ainsi fixé dans l'organisme durant la photosynthèse ainsi que les mécanismes enzymatiques qui contrôlent l'utilisation et la production de glucose par le foie. Les renseignements ainsi obtenus devraient permettre de déterminer les indicateurs du niveau de différents phénomènes physiologiques.

J.C. Smith



Prélèvement sanguin sur une plie américaine (LOA 4174)

Études hématologiques de poissons. — Nous avons étudié chez la plie canadienne les rapports entre plusieurs paramètres sanguins, le poids de l'animal, son sexe, son taux d'ingestion et un certain nombre de variables du milieu physique. À partir de ces observations, nous avons créé des modèles analytiques de son système cardio-vasculaire. Il devient alors possible de formuler l'hypothèse que la viscosité sanguine et l'affinité de l'oxygène pour l'hémoglobine sont fonction du poids chez cette espèce. Ces hypothèses sont toujours à l'étude.

J.C. Smith

VARIABILITÉ DU PLANCTON DANS SON MILIEU

Variabilité spatiale des populations de phytoplancton. — Les organismes marins, qu'il s'agisse de phytoplancton ou de baleines, sont rarement répartis de façon égale dans l'océan. Ils ont tendance à s'assembler en couches, en groupes, en agrégats ou en bandes en forme de rubans. Ces zones à concentration plus élevée présentent des avantages d'ordre écologique : elles rendent plus efficace l'alimentation des organismes de taille supérieure, et elles permettent ainsi une vie plus abondante dans les océans que si tous les organismes étaient également répartis. Les importantes recherches théoriques et expérimentales sur la variabilité spatiale du phytoplancton entreprises par le Laboratoire d'écologie marine ont pour point de départ cet important facteur de la capacité de production d'un écosystème. L'hétérogénéité spatiale dans la distribution du phytoplancton fait l'objet d'une étude dans le présent rapport, aussi n'aborderons-nous ici que les études entreprises depuis deux ans et couvrant d'autres sujets que ceux traités dans l'étude susmentionnée. Le phytoplancton n'ayant que peu ou pas de moyens de se déplacer par lui-même, les mouvements du milieu ambiant (courant, tourbillons, vagues, ondes internes, etc.) jouent un rôle important dans sa distribution dans le temps et dans l'espace. Pour un grand nombre de ces études, le Laboratoire d'écologie marine reçoit l'aide des chercheurs en océanographie physique du Laboratoire d'océanographie de l'Atlantique.

(Voir l'étude *Surdispersion du phytoplancton* de T.C. Platt et K.L. Denman à la partie E du présent rapport.)

En août 1975, une expédition importante à bord du CSS *Maxwell* fut menée dans la zone côtière près de Yarmouth, en Nouvelle-Écosse. L'été, la température à la surface de l'eau y est très basse et le phytoplancton de surface relativement abondant; ces deux caractéristiques s'expliquent par la remontée intermittente en surface d'eaux froides riches en éléments nutritifs. Le but de l'expédition était d'étudier la structure spatiale et temporelle de la distribution de la chlorophylle phytoplanctonique dans les zones situées à la limite entre les eaux froides qui remontent et les eaux de surface indépendantes de ce phénomène. Pour ce faire, nous avons surtout utilisé le Batfish, appareil remorqué par bateau et animé d'un mouvement de marsouinage; le fluoromètre qu'il abritait mesurait la chlorophylle sur place. Nous avons ainsi pu noter une étroite relation entre les fronts d'activité chlorophyllienne et les fronts thermiques.

Conjointement avec les études entreprises à Yarmouth sur la remontée d'eaux froides en surface, une série de missions diurnes et nocturnes ont été menées pour la télédétection aérienne de la chlorophylle en surface. Deux navires (CSS *Maxwell* et MV *Harengus*) faisaient la «vérification au sol» pour le DC 3 du Centre canadien de télédétection qui transportait à son bord différents instru-

ments de mesure à distance de la chlorophylle en surface. Il y avait notamment un photomètre à filtre, un spectromètre à diode de silicium, un fluoromètre à laser, un analyseur lignes en infra-rouge, un téléviseur pour lumière faible et un système de navigation à inertie. À la préparation de l'expérience et à l'expérience elle-même participaient des membres de l'Institut, des Sciences océaniques et aquatiques (Région du Pacifique), du Centre canadien des eaux intérieures, de l'université York (Toronto) et du Centre canadien de télédétection. La zone de recherches située au sud-ouest de Yarmouth fut survolée sur environ 800 kilomètres : les concentrations de chlorophylle y sont faibles ou moyennes (de 1 à 5 mg/m³). D'après les résultats préliminaires, les données obtenues par capteurs fonctionnant dans la partie visible du spectre offrent une bonne corrélation avec les mesures provenant de la vérification au sol. Des résultats détaillés, avec comparaison entre capteurs, seront bientôt prêts.



Chalut à filets multiples. (LOA 3922)

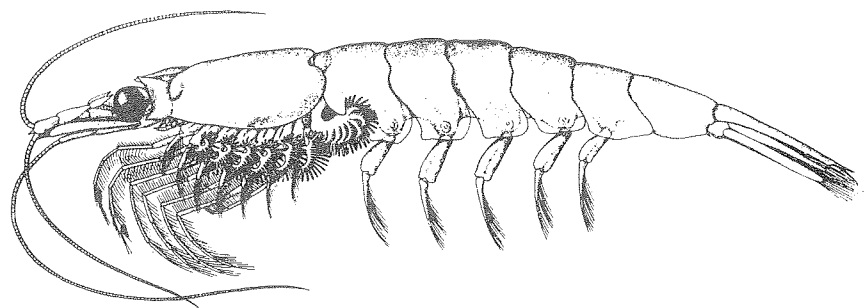
Conjointement avec le programme sur la dynamique du rebord du plateau continental (Océanographie des côtes, LOA), nous avons étudié la production primaire sur le rebord du plateau continental de Scotian, au sud d'Halifax, et organisé une expédition à bord du CSS *Hudson* en juillet 1976 avec le personnel de l'Océanographie des côtes et de la Métrologie. Nous avons exploré des sections riches en éléments nutritifs perpendiculaires et parallèles au rebord du plateau. L'eau qui recouvre la pente du plateau est très riche en éléments nutritifs et remonte un peu sur celui-ci. Le Batfish a enregistré un taux élevé de chlorophylle phytoplanctonique sur le plateau et à environ 10 kilomètres au large du rebord, sur une bande étroite, zone de mélange présumée qui résulterait d'un chevauchement dans la structure verticale des températures. Nous avons également fait de nombreuses expériences sur la quantité de lumière disponible en rapport avec le

taux de photosynthèse pour essayer de délimiter différents taux de croissance chez le phytoplancton des divers milieux physico-chimiques de la région.

De manière à pouvoir utiliser les résultats de ces diverses expériences sur le terrain dans le cadre de nos prévisions concernant la production biologique marine, nous avons élaboré deux théories sur l'existence d'une zonation horizontale chez les populations phytoplanctoniques. D'après ces théories, la croissance du phytoplancton et sa dispersion horizontale par les différents courants océaniques s'influencent l'une l'autre au point qu'il faille supposer la présence de zones permanentes d'une taille donnée. D'autre part, d'après nos observations en mer et celles d'autres chercheurs, il existe surtout des zones d'environ un kilomètre, ce qui est compatible avec nos prévisions théoriques.

K.L. Denman, T.C. Platt, A.W. Herman (Météorologie), P.E. Vandal (Océanographie côtière)

Étude de la variabilité d'échantillons de zooplancton. — L'analyse de trois expériences sur la variation d'échantillons de zooplancton vivant sur le plateau de Scotian donne à penser qu'il pourrait exister chez un grand nombre d'espèces zooplanctoniques une fluctuation périodique de 26 heures, à n'importe quelle station. Les fluctuations seraient en rapport avec les marées. Ces études indiquent en outre que, pour beaucoup d'espèces zooplanctoniques, une évaluation de la concentration moyenne mesurée sur 26 heures à une seule station est tout aussi valable que la moyenne qu'on obtiendrait à partir d'un grand nombre de stations couvrant une zone plus vaste. Si d'autres expériences viennent confirmer cette hypothèse, en perfectionnant les méthodes d'échantillonnage, la collecte en mer d'échantillons de zooplancton s'en trouvera facilitée et améliorée, en plus de coûter moins cher et de demander moins de temps.



Krill (2 à 4 cm de longueur)

Le perfectionnement du filet rendra plus facile un échantillonnage judicieux. Au cours des deux dernières années, nous avons dessiné et construit un chalut d'un mètre carré à dix filets avec ouverture et fermeture électroniques. Les données concernant la température, la profondeur du filet, sa vitesse dans l'eau, son tangage et son roulis, l'intensité lumineuse dans l'eau et la salinité, sont transmises du filet au bateau. Le filet comprend un dépresseur qui permet de remorquer le filet à des vitesses allant jusqu'à 3,5 m/s; on peut ainsi capturer même les organis-

mes rapides du macrozooplancton et les petits poissons. Ce filet a simplifié et amélioré les études de la distribution verticale du zooplancton et a également aidé nos recherches sur les couches de dispersion acoustique.

D.D. Sameoto, L.O. Jaroszynski

Couches de dispersion acoustique et migration verticale du zooplancton. — Nous avons étudié la composition des espèces et le phénomène des couches de dispersion acoustique dans le golfe Saint-Laurent et sur le plateau de Scotian. Nous cherchions à mettre au point un système acoustique qui puisse servir à un échantillonnage quantitatif du macrozooplancton et des poissons immatures. Il est ainsi devenu possible de recevoir les signaux acoustiques et de les traiter à bord du navire de façon à obtenir immédiatement une évaluation de la densité du macrozooplancton comme le krill. Ce système, combiné au nouveau filet multiple, permet une évaluation précise de la résistance acoustique de la cible, le krill; les évaluations sont nécessaires si l'on veut obtenir rapidement une mesure sur place de la biomasse du krill.

D.D. Sameoto, S.A. Paulowich

BIO-ACOUSTIQUE DES CÉTACÉS

À l'avenir, les chercheurs en océanographie biologique pourront peut-être utiliser l'acoustique pour cartographier la distribution et la taille du zooplancton et des poissons. Même si l'on comprend bien la nature de la transmission des sons dans l'océan, les caractéristiques d'un émetteur sonar à usage général demeurent, dans une grande mesure, inconnues. Les baleines à fanons qui doivent chaque jour repérer et consommer des tonnes de zooplancton et de poissons peuvent peut-être nous éclairer. C'est pourquoi nous avons élaboré un programme d'étude de



Ce rorqual à bosse (environ 10 mètres de longueur) a été utilisé pour l'étude du sonar biologique. Remarquez sous l'eau les nageoires d'environ 3 mètres de longueur.

ces animaux : nous cherchons à prouver l'existence d'un sonar chez eux, après quoi nous étudierons l'organe lui-même. Nous avons enregistré, à l'aide d'un réseau d'hydrophones, des sons courts et répétés qui pourraient bien être le sonar des baleines, et ce en présence de rorquals bleus, de baleines à toquet, de rorquals à bosse et de petits rorquals. Il nous est toutefois apparu nécessaire de capturer une baleine et de l'observer quelque temps pour prouver l'existence du sonar biologique.

En juin 1975, un jeune rorqual à bosse (mysticète à fanons) mâle s'est pris dans un filet de pêche sur la côte sud-est de Terre-Neuve. Les sons courts et répétés enregistrés par un réseau de sept hydrophones ressemblaient à la série de clics enregistrés auparavant en présence de rorquals à bosse, en liberté. Des rubans orange et jaunes ont été attachés au rorqual avant que celui-ci ne soit relâché. En juillet 1976, à l'aide des techniques mises au point l'année précédente, nous avons pris un jeune rorqual à bosse femelle sur la côte est de Terre-Neuve. Les yeux temporairement recouverts, il pouvait se déplacer dans un labyrinthe pendant que l'on enregistrait les sons émis. Ce fut la première expérience tendant à prouver l'existence d'un sonar chez les baleines à fanons. Avant de le relâcher, on lui fixa des rubans jaunes et pourpres ainsi qu'un émetteur radio de 27 mégahertz afin de pouvoir le suivre.

P.C. Beamish



Qualité de l'environnement

L'objectif général du programme de la Qualité de l'environnement est d'apprendre comment les changements du milieu causés par l'homme se répercutent sur les écosystèmes marins. Dans ce vaste domaine, nous avons choisi certaines recherches qui s'appliquent à la région atlantique du Canada et permettent de connaître les principes généraux du comportement des polluants en milieu marin. Nous étudions, entre autres, la distribution et le transport des polluants, leur absorption, leur transformation métabolique et leur excrétion par les organismes marins, ainsi que leurs effets sur la vie marine. Nous voudrions fournir des conseils techniques sur ces sujets aux organismes internationaux, gouvernementaux et autres. Les polluants étudiés en ce moment sont les hydrocarbures chlorés, les hydrocarbures de pétrole et les métaux lourds.

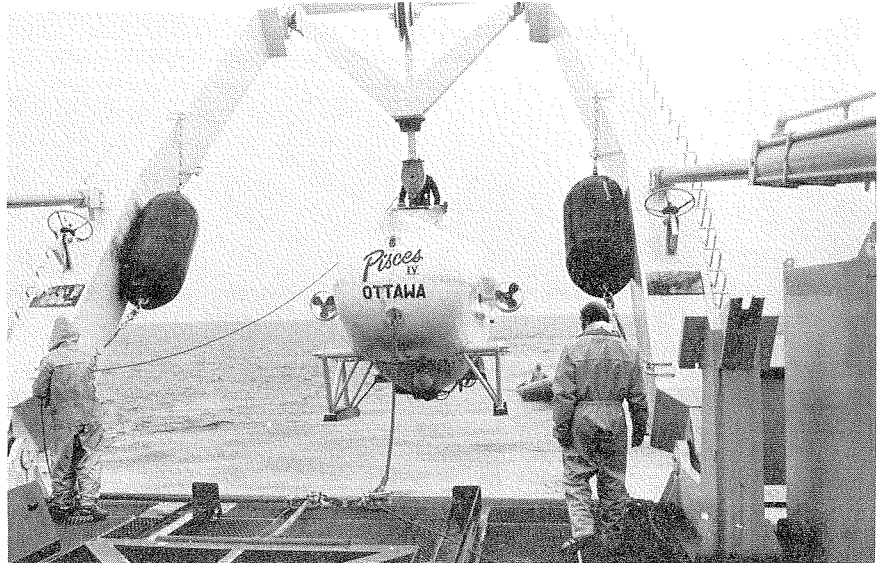
R.F. Addison

ÉTUDES FONDAMENTALES EN ÉCOLOGIE

De nombreux polluants sont directement absorbés par les fines particules en suspension dans l'eau. Pour comprendre le transport et la distribution des polluants, il nous faut des renseignements d'ordre général sur le comportement de ces particules dans la mer.

Le rôle des sédiments et des communautés benthiques dans la prise en charge de la matière organique naturelle et des polluants dans les écosystèmes marins.
— Dans tous les milieux aquatiques, la matière organique est adsorbée et métabolisée dans les sédiments, à la limite entre l'eau et les sédiments et dans les particules en suspension. En mesurant l'apport de matière dans les sédiments et les taux d'accumulation et de transfert dans les organismes benthiques, nous pouvons connaître leur valeur comme indicateurs du taux d'apport de la couche supérieure d'eau.

Dans le bassin de Bedford, nous avons mesuré à différentes profondeurs, pendant deux ans, les matières sédimentées et leur contenu organique. Le matériel recueilli à des profondeurs de plus en plus grandes différait toujours, ce qui suppose un transport horizontal par intermittence, peut-être dû à une resuspension en eau peu profonde, suivie du transport vers les eaux plus profondes. À l'aide d'un véhicule submersible, nous avons pu observer dans la baie St. Margaret des couches d'eau trouble à la surface de sédiments mous et vaseux au centre de la baie, ainsi que des changements subits de concentration des matières en suspension en un court laps de temps. Il se peut que le mouvement vertical des particules de la colonne d'eau vers la surface des sédiments ne prédomine que lorsque les courants horizontaux sont faibles.



Cet appareil submersible a été prêté par l'Institut des sciences océaniques de Patricia Bay à Victoria (C.-B.) pour une étude à la baie St. Margaret (N.-É.).

Métabolisée dans les sédiments, la matière organique est ensuite reprise dans la chaîne alimentaire benthique. La vitesse de ce phénomène devrait refléter l'apport de matière organique à la surface des sédiments. Afin de démontrer l'importance des cycles de la matière organique, nous avons cherché à quantifier les rôles de la production primaire et de la profondeur de la couche de brassage (dans la colonne d'eau) dans le contrôle du volume de sédimentation pour diverses masses d'eau. Pour les thermoclines profondes (plus de 20 mètres), une intense décomposition biologique se produit à la surface et l'apport en sédiments est donc réduit. La stabilité de la colonne d'eau et les changements qui s'ensuivent pour le taux de brassage vertical semblent avoir un rôle critique sur le dépôt de sédiments.

B.T. Hargrave, G.A. Phillips

HYDROCARBURES CHLORÉS

Les principaux hydrocarbures chlorés qui polluent l'Atlantique canadien sont l'insecticide DDT et ses métabolites ainsi qu'un groupe de produits chimiques industriels, les biphenyles polychlorés (PCB). Notre travail a principalement porté sur leur mode de transport entre différents bassins marins, leur dégradation par les organismes marins et leurs effets sur la vie marine.

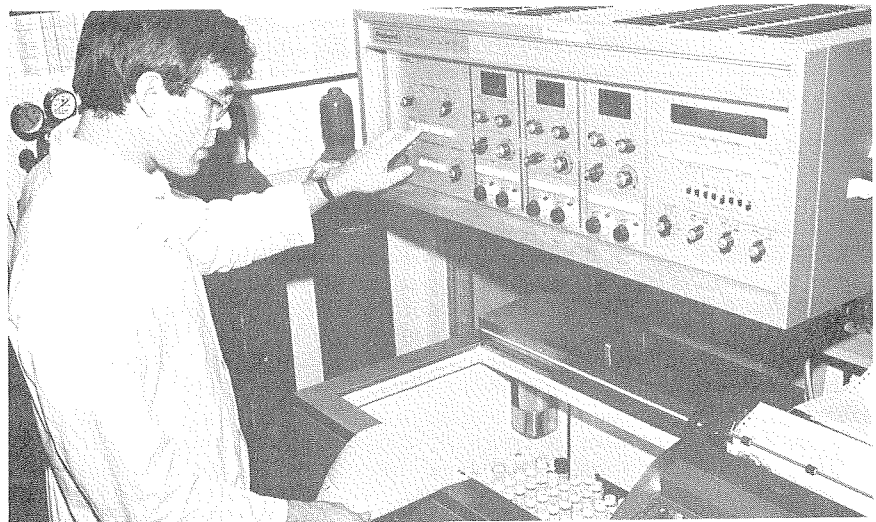
Adsorption des composés organochlorés aux particules. — L'adsorption par unité de masse du C^{14} -DDT de l'eau de mer par des particules dont la taille varie de celle de cellules bactériennes à celle de gros grains de sable était inversement proportionnelle au diamètre des particules mais directement proportionnelle à la concentration en DDT de l'eau, tant que le seuil de saturation n'était pas atteint. Quand on considère le comportement de nombreux polluants introduits dans

l'eau, on remarque qu'ils s'associent à la matière naturelle en suspension en proportion inverse de la solubilité. La taille des particules et leur concentration déterminent la surface libre pour l'adsorption. Il y a aussi floculation; la taille des unités est déterminée par le noyau inorganique autour duquel s'agglomère la matière organique. Pour connaître la dynamique du transport et de la dispersion de nombreux polluants dans l'eau, il suffit donc de connaître la dynamique de la dispersion des fines particules en suspension.

B.T. Hargrave, G.A. Phillips

Résidus de DDT dans la faune benthique de la baie St. Margaret. — La faune benthique de la baie St. Margaret contient des concentrations décelables d'organochlorés. Toutefois, les niveaux totaux de DDT pour les groupes d'organismes (à l'exception des tissus riches en graisse), comme les poissons benthiques ou les invertébrés vivant dans et sur les sédiments, ne différaient pas sensiblement. Vu le faible degré de concentration du DDT, il est fort probable qu'il soit d'origine atmosphérique; de plus, les différents modes d'alimentation dans la chaîne trophique de détritivores benthiques pourraient expliquer la quasi-égalité des concentrations en résidus pour les divers types d'alimentation.

B.T. Hargrave, G.A. Phillips



Compteur à scintillations en milieu liquide d'insecticides marqués de façon radioactive au cours d'études du métabolisme. (LOA 4166)

Absorption et excrétion du DDT par les invertébrés marins. — Nous poursuivons notre recherche des constantes du taux de transfert des organochlorés (DDT et PCB) de l'eau dans les organismes pélagiques. Nos données actuelles permettent de prévoir la concentration de DDT dans les copépodes pour une concentration donnée de DDT dans la mer. L'absorption dépendant probablement de la surface de l'organisme, nous avons mis au point une méthode de mesure de cette surface. Des études parallèles sont menées sur des euphausiacées. Le plancton pouvant également accumuler les organochlorés lors de l'alimentation, nous cherchons à déterminer l'efficacité de cette absorption d'organochlorés. Nous pourrions ainsi

bâti un modèle de la dynamique des organochlorés dans le zooplancton qui sera ensuite testé par un relevé des concentrations d'organochlorés dans le phytoplancton, le zooplancton et les larves de poissons de la baie St-Georges, en Nouvelle-Écosse.

G.C.H. Harding, W.P. Vass

Métabolisme du DDT chez le poisson. — Le DDT et bien d'autres hydrocarbures chlorés sont très solubles dans les graisses et fort peu dans l'eau. On pense que pour excréter un volume important de DDT, un organisme doit convertir le DDT en ses dérivés solubles dans l'eau. Les principaux métabolites du DDT chez le poisson sont le DDE, produit de la déshydrochloration, et le DDD, produit de la déchloration. Il se forme environ dix fois moins de DDD que de DDE, mais le DDD pourrait être un intermédiaire dans la conversion éventuelle du DDT en des composés hydrosolubles. Le rythme d'élimination des résidus du DDT par ce mode de dégradation étant bien plus lent que celui de l'accumulation par l'alimentation, il n'est pas étonnant que les résidus de DDT dans divers organismes aquatiques s'accroissent avec l'âge de l'organisme.

R.F. Addison, M.E. Zinck, D.E. Willis

Métabolisme du DDT chez les copépodes. — Nous avons étudié l'efficacité de la dégradation du DDT chez les copépodes. Nous n'avons trouvé aucun métabolite; de plus, de par la cinétique de l'absorption du DDT, il semble que celui-ci s'accumulerait surtout à la surface externe de ces organismes et serait donc sans effet sur le métabolisme.

D.C. Darrow, G.C.H. Harding

Induction d'enzymes chez le poisson en présence d'insecticides contenant des hydrocarbures chlorés. — Bien des hydrocarbures chlorés provoquent la formation d'oxydase à substrat multiple (MFO) dans les microsomes chez les mammifères terrestres et les insectes. On croit que le système MFO est un mécanisme de protection grâce auquel l'organisme peut détoxifier divers produits chimiques étrangers ou les rendre solubles dans l'eau, et donc les excréter. Nous avons examiné jusqu'à quel point le poisson peut former le système MFO en présence d'hydrocarbures chlorés. Après absorption de DDT et de DDE à des taux suffisamment élevés pour que la concentration des tissus dépasse de beaucoup celle de spécimens vivant dans la nature, le poisson ne forme pas de système MFO. L'injection d'aldrine (insecticide à cyclodiène) cause une légère formation d'enzyme, mais des aliments contenant de la dieldrine, métabolite de l'aldrine, ne le font pas. Même après injection de divers métabolites de DDT, tous fabriqués par le poisson, il n'y a pas formation de système MFO. Ni le DDT ni ses métabolites ne provoquent donc la formation de MFO chez le poisson et la dégradation du DDT n'est pas favorisée par une exposition prolongée du poisson au DDT ou à ses composés.

R.F. Addison, M.E. Zinck, D.E. Willis

HYDROCARBURES DU PÉTROLE

Deux faits sont venus stimuler nos recherches sur les hydrocarbures du pétrole en milieu marin, soit le déversement de pétrole Bunker C par le *Arrow* dans la

baie de Chedabouctou en 1970, et l'augmentation du forage d'exploration au large de la côte est du Canada et dans la mer du Labrador.

Méthodes d'analyse et d'échantillonnage pour déceler la présence d'hydrocarbures dans les échantillons. — Nous sommes à mettre au point des méthodes de détermination d'hydrocarbures dans les sédiments et les organismes marins. Les principales méthodes étudiées demeurent la spectroscopie des rayons X et la chromatographie en phase gazeuse. L'amélioration de l'échantillonnage et de la manipulation des données a déjà permis des analyses plus nombreuses et de meilleure qualité.

P.D. Keizer, J. Dale

Distribution des hydrocarbures en milieu marin au large de la côte est du Canada.

— La plupart des hydrocarbures trouvés sur le plateau de Scotian, dans le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent et dans le bassin de Bedford semblent d'origine biologique. La concentration en *n*-alcane variait d'environ 20 à 1000 nanogrammes par litre. Nous avons pu déceler des hydrocarbures provenant du pétrole uniquement dans le bassin de Bedford. De janvier 1975 à avril 1976, nous avons étudié en détail la colonne d'eau du bassin et nous avons remarqué que les concentrations étaient plus élevées durant l'hiver et au début du printemps. Nous poursuivons l'analyse et l'interprétation de ces données.

En 1973, nous avons recueilli des échantillons de sédiments sur le plateau de Scotian là où l'on faisait du forage d'exploration. Nous venons de terminer l'analyse de ces sédiments à la recherche d'hydrocarbures et nous sommes en train d'évaluer ces données. Elles nous fourniront des mesures de base des hydrocarbures et peut-être aussi quelques renseignements sur les répercussions des forages.

P.D. Keizer, J. Dale

Impact des déversements de pétrole sur l'écologie. — Puisque le temps de séjour du pétrole dans l'eau salée est court (quelques jours) et les concentrations généralement assez basses (quelques parties par milliard), nos études de l'impact écologique des déversements d'hydrocarbures se sont orientées vers les sédiments marins. Les sédiments peuvent receler des concentrations assez élevées et demeurer ainsi de nombreuses années. Nous avons étudié les interactions du polychète *Arenicola marina*, qui se nourrit à même les sédiments, et des sédiments pollués par le pétrole. Ces vers semblent très vulnérables au pétrole frais, mais résistent mieux à mesure que le pétrole est altéré par l'eau. La découverte que les vers semblent séparer le pétrole des sédiments dans leur système digestif permet de croire que les organismes qui se nourrissent à même le fond pourraient être un important facteur dans l'altération du pétrole contenu dans les sédiments.

N.J. Prouse, D.C. Gordon

Impact du déversement de pétrole à la baie de Chedabouctou en 1970. — Depuis 1973, de nombreux chercheurs s'interrogent sur le sort éventuel du pétrole Bunker C échoué sur les plages et les côtes de la baie de Chedabouctou après l'accident du *Arrow* en 1970. Le mazout qui reste forme une étroite bande de goudron à la surface des sédiments, à la ligne des hautes eaux. L'aspiration due au reflux force le goudron à pénétrer de nouveau dans les interstices du sable et,

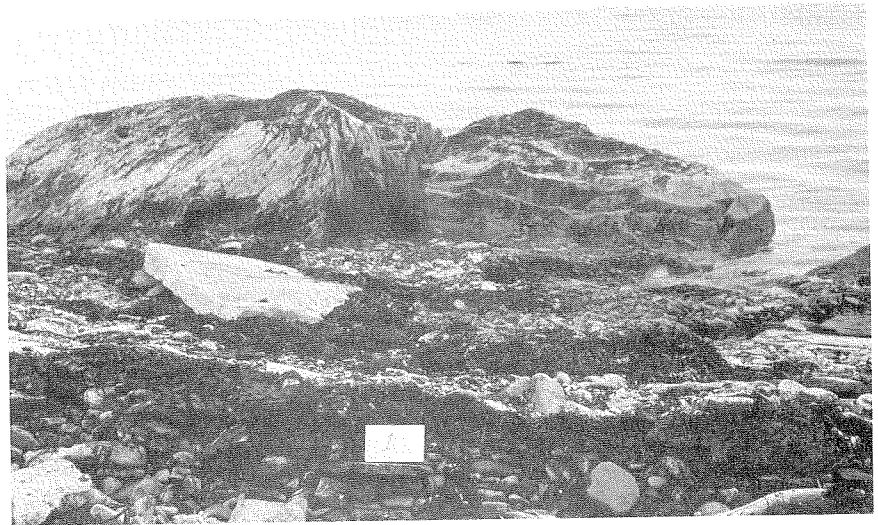
par là même, dans la colonne d'eau. L'eau interstitielle de la plage sert de principale voie de réintégration; seules des quantités à l'état de traces passent directement dans la colonne d'eau. Les sédiments servent ici de siphon, avec des concentrations d'hydrocarbures de l'ordre d'un milligramme par gramme (parties par millier). Les concentrations de pétrole Bunker C extrait des sédiments pollués sous la seule action de l'eau courante sont généralement de l'ordre du microgramme par litre (parties par milliard); ces concentrations sont semblables à celles de la colonne d'eau dans la zone d'étude des hydrocarbures. Nos résultats préliminaires indiquent qu'après 6 ans d'exposition, il reste encore au moins 20 p. cent du pétrole Bunker C échoué sous forme de bandes littorales et d'hydrocarbures intégrés aux sédiments. Les hydrocarbures du pétrole amalgamés aux sédiments ne seront complètement éliminés par l'aspiration due au reflux qu'après 170 ans au moins. Avec la couche de goudron du sommet de la plage, le temps de dégradation s'accroîtra encore.

Les myes communes (*Mya arenaria*) et les zostères (*Zostera* sp.) des régions à sédiments pollués renferment de fortes concentrations d'hydrocarbures de pétrole dans leurs tissus. Les moules (*Mytilus edulis*) provenant du même endroit ne présentent que des traces de ces polluants; dans les algues de la plage (*Fucus vesiculosus*), on n'a décelé aucune concentration.

Depuis deux ans, nous avons étudié surtout les transformations chimiques du pétrole Bunker C amalgamé aux sédiments et évalué ses effets sur les organismes benthiques. Le pétrole Bunker de la couche de goudron qui réintègre les interstices de la plage par le lessivage dû au reflux, voit son nombre de *n*-alcane baisser très rapidement tandis que la fraction aromatique résiste à la dégradation biologique.

Les concentrations d'hydrocarbures du pétrole à la surface des sédiments sont suffisamment élevées pour réduire le métabolisme de certains organismes benthiques. Ainsi, le taux respiratoire du crabe *Cancer irroratus* a sérieusement fléchi après une exposition de deux heures à 11 parties par million de pétrole brut Koweït dans l'eau salée. Aucun changement de la capacité d'accepter l'oxygène de la molécule d'hémocyanine n'a pu être noté par le spectre d'absorption, la composition de sous-unités, le contenu en cuivre du sérum et les courbes de dissociation de l'oxygène. Ces changements respiratoires pourraient refléter des interférences avec le contrôle des neurones ou le métabolisme des tissus. On a trouvé que la production d'ATP (mesure de l'activité métabolique) chez certaines algues unicellulaires (*Monochrysis lutheri*) était sensible au naphthalène puisque les ATP disponibles baissaient de 35 p. cent et que les myes communes (*Mya arenaria*) vivant dans des sédiments très pollués accusaient une forte baisse dans le traitement métabolique du carbone.

Les myes communes (*Mya arenaria*) des sédiments pollués contiennent des taux élevés d'hydrocarbures du pétrole dérivés du pétrole Bunker C, dont elles ne se débarrassent que lentement et partiellement. Chez les organismes plus complexes, les hydrocarbures aromatiques sont métabolisés par une arylehydroxylase d'hydrocarbures (AHH) dont la formation est provoquée par les hydrocarbures polycycliques. Toutefois, nous n'avons trouvé le système AHH ni chez les moules, ni chez les huîtres ni chez les myes communes, qu'il s'agisse d'organismes non pollués ou d'organismes exposés quatre jours durant à du pétrole brut Koweït ou à du pétrole Bunker C. Les moules et les myes communes des sédiments fortement pollués (depuis 1970) de la baie de Chedabouctou ne possédaient même



Pétrole Bunker C échoué dans la baie de Chedabouctou (N.-É.). (LOA 4037)

pas les enzymes nécessaires à d'autres mécanismes de détoxification. Cela implique que le seul moyen de défense contre les hydrocarbures de ces bivalves est l'élimination lente. L'accumulation de ces composés sans transformation dans les tissus des mollusques fournit une porte d'entrée dans la chaîne trophique.

J.H. Vandermeulen, T.P. Ahern

DISTRIBUTION DES MÉTAUX LOURDS DANS LE GOLFE SAINT-LAURENT

Les métaux lourds dans les sédiments. — Nos études des métaux lourds dans le golfe Saint-Laurent portaient sur les niveaux de base, les zones d'accumulation, la proportion contenue dans les biotopes, les sources naturelles et industrielles et les voies d'entrée dans les sédiments, ou de sortie de ceux-ci.

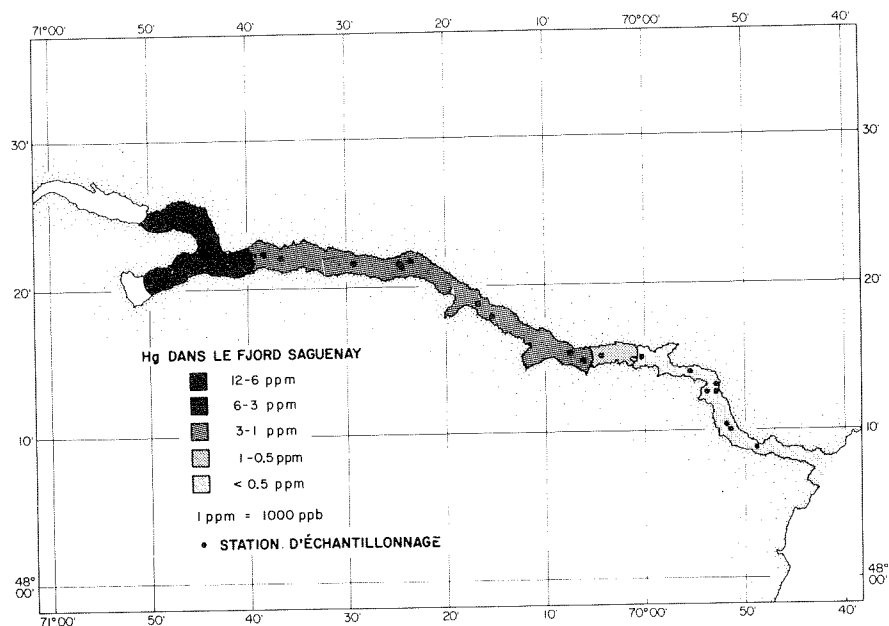
Les sédiments de surface du fjord du Saguenay contiennent des concentrations élevées de mercure. Il en est de même des sédiments plus profonds du fjord (jusqu'à 12 parties par million) et de la rivière (jusqu'à 218 parties par million), de la matière en suspension dans le fjord (de 1 à 50 parties par million), de l'eau (de 0,7 à 0,38 parties par milliard) et de certaines espèces de poissons (de 0,5 à 10 parties par million). Ces niveaux semblent refléter les rejets industriels; on estime à environ 112 tonnes le mercure d'origine industrielle contenu dans les sédiments du fjord et de la rivière. De plus, environ 12 tonnes de ce mercure d'origine industrielle auraient quitté le fjord pour se déposer dans les sédiments de l'estuaire du Saint-Laurent. Ces chiffres correspondent aux rejets industriels de mercure dans ces eaux pour la période antérieure à 1971.

Depuis 1971, des règlements fédéraux limitent les quantités de rejets de mercure par l'industrie. Des analyses d'eau effectuées en 1973 indiquent que l'apport de mercure à ce moment-là était d'environ 7,6 tonnes de mercure l'an, dont 2,6 tonnes seulement étaient soit d'origine naturelle, soit constituées de rejets industriels permis par les règlements. L'analyse d'autres facteurs indique que seules les pertes de mercure non déclarées par l'industrie locale pourraient expliquer le taux de 1973. Avec de tels taux, la contamination du fjord ne pourra que continuer jusqu'à perturber la pêche productive dans l'estuaire du Saint-Laurent. Si tout rejet industriel cessait, il faudrait 3 ou 4 ans avant que les concentrations de mercure dans l'eau atteignent un taux naturel et deux ans pour que la pêche puisse reprendre dans le Saguenay.

Nous avons étudié la distribution, dans les sédiments du fjord, des éléments suivants : Zn, Cu, Pb, Co, Ni, Cr et V (éléments fréquemment trouvés dans les rejets industriels). Les boues du fjord sont enrichies de Zn et de Pb par rapport aux sédiments de l'estuaire du Saint-Laurent et du golfe (partie centrale), et les concentrations de Cu, de Co, de Ni, de Cr et de V ne dépassent pas, sinon de façon négligeable, les taux naturels. Les biocénoses du fjord ne disposent que des éléments présents dans la partie non détritique (c'est-à-dire de 14 à 29 p. cent du Zn total, 14 à 21 p. cent du Cu total, 12 à 25 p. cent du Pb total, 8 à 25 p. cent du Co total, 11 à 29 p. cent du Ni total, 2 à 9 p. cent du Cr total et 5 à 23 p. cent du V total). La distribution de la partie non détritique du Pb, du Zn et du Cu (et non du Co, du Ni, du Cr et du V) dépend apparemment de la dispersion en direction de la mer de la matière organique terrestre, riche en Hg d'origine industrielle. Même si aujourd'hui l'apport en Pb, Zn et Cu d'origine industrielle est faible, la quantité absolue émise pourrait entraîner une accumulation trop élevée dans le futur, comme ce fut le cas pour le Hg dans le passé.

La fraction détritique contient le gros des concentrations d'éléments à l'état de traces (de 70 à 98 p. cent), et ces éléments se retrouvent dans les sulfures (Pb, Cu, Zn, Co, Ni), les oxydes (Cr, V) et les minerais ferromagnésiens. Les éléments contenus dans cette fraction s'accumulent au même rythme que les minerais hôtes (ou porteurs), en fonction des conditions actuelles de dépôt.

D.H. Loring, R.T.T. Rantala



Concentrations de mercure dans le fjord du Saguenay. (LOA 3296)

AUTRES ÉTUDES

Dégradation des acides alkylehydroxamiques et leurs effets. — Les acides alkylehydroxamiques sont un groupe de dérivés d'acides gras que l'on se proposait d'utiliser au Canada comme agents de flottation pour le minerai. Selon des études antérieures, il s'agit d'un produit très toxique pour les salmonidés. La truite accumule rapidement l'acide octanohydroxamique marqué au C^{14} , puis l'élimine rapidement dès qu'elle retourne dans de l'eau propre. On retrouve du C^{14} dans tous les tissus, en grande quantité dans la bile, signe qu'une grande partie du produit a été excrétée. Après incubation d'homogénates de foie, on remarque que l'acide hydroxamique se transforme rapidement en acide carboxylique correspondant pour entrer probablement dans les mécanismes métaboliques de l'organisme. Puisque la truite exposée à l'acide octanohydroxamique meurt, le procédé de détoxification (de l'hydroxamate en carboxylate) ne semble pas assez rapide pour protéger le poisson.

L'endroit atteint par l'acide octanohydroxamique est probablement le système nerveux. La truite empoisonnée par ce produit a un taux respiratoire réduit et meurt, semble-t-il, d'asphyxie.

D.C. Arrow, R.F. Addison

Les lacs de Dartmouth. — Par des pressions exercées sur le Conseil des lacs de Dartmouth, on cherche à protéger les lacs de la ville de Dartmouth contre les effets indésirables de la croissance urbaine et de la construction. En 1976 avait lieu une campagne du disque de Secchi : des volontaires mesuraient chaque semaine la transparence de l'eau dans chaque lac.

D.C. Gordon, Jr.



Océanographie des pêches

Le groupe de l'Océanographie des pêches étudie le fonctionnement d'écosystèmes entiers mais s'intéresse surtout aux derniers maillons des chaînes trophiques. Nous cherchons à comprendre tous les phénomènes conduisant à la production de poissons. Nous étudions en particulier la détermination des stocks de poissons, les mécanismes de production (tant du point de vue théorique qu'expérimental), les méthodes de prévision de la production des pêches et les influences climatiques et océanographiques sur les stocks et sur la production.

R.W. Sheldon

ÉVALUATION DES STOCKS DE POISSONS PAR LA MÉTHODE HYDRO-ACOUSTIQUE

Pour une gestion rationnelle des stocks, il faut d'abord évaluer la taille du banc que l'on pêche. Jusqu'ici ces évaluations se fondaient sur des indices comme les relevés de chaluts faits au hasard ou les statistiques de prises par pêche. La méthode hydro-acoustique permet d'évaluer directement le nombre des poissons dans une zone particulière et peut donc devenir un outil très utile pour la gestion des pêches.

Le Laboratoire d'écologie marine, de concert avec le Service des pêches et de la mer de St. Andrews (N.-B.) et de Saint-Jean (T.-N.) a mis au point un système de traitement informatisé de l'écho, qui permet d'évaluer le nombre de poissons, qu'ils soient ou non groupés en bancs. En plus de fournir des évaluations en temps réel de la densité du banc, tous les renseignements sur les échos émis par les poissons, comme la profondeur et la taille du banc, sont enregistrés sur ruban magnétique pour être analysés plus tard. Depuis deux ans, nous avons accompli de grands progrès. Auparavant, les signaux d'entrée étaient classés par un système à deux bits et à quatre niveaux; aujourd'hui, le convertisseur analogique-numérique à 12 bits permet d'évaluer le signal d'entrée par l'un des 1024 niveaux. Pour éliminer l'imprécision des mesures de la résistance de la cible réelle, soit les poissons, causée par les effets de directivité du faisceau du transducteur, nous utilisons un système à deux faisceaux avec un transducteur pour recevoir des échos envoyés par deux réseaux différents d'hydrophones. Nous obtenons ainsi une évaluation analytique, plutôt que statistique, de la résistance de la cible. La troisième amélioration consiste à ajouter un mode d'intégration qui permet d'évaluer l'abondance des poissons dans un banc (de capelans ou de harengs, par exemple). Comme le même matériel sert pour le comptage par écho et pour l'intégration, on peut choisir l'une ou l'autre des deux méthodes.

Les programmes informatiques servant à identifier les séquences d'échos émis par un poisson en particulier ou par un poisson voyageant dans un banc ont également été améliorés. Ils permettent, en outre, de distinguer les bancs voyageant

à différentes profondeurs, les bancs considérés comme cibles offrant une résistance différente et, vraisemblablement, les espèces de poissons.

R.G. Dowd, R. Shotton

BIO-ÉNERGÉTIQUE ET RECRUTEMENT CHEZ LES POPULATIONS DE POISSONS EXPLOITÉES

Chez la plupart des populations de poissons, le nombre de jeunes poissons (ou recrues) qui s'ajoutent à la population varie beaucoup d'une année à l'autre. L'abondance des recrues peut varier d'un facteur de 100 ou davantage d'une classe d'âge à l'autre. L'importance de prévisions précises du recrutement pour une bonne gestion des pêches étant bien connue, nous poursuivons nos recherches théoriques et appliquées dans ce domaine. Nous avons mis au point un modèle général du comportement alimentaire optimal et nous étudions son importance possible sur le recrutement. Nous avons démontré, théoriquement, que pour un poisson d'une taille donnée et pour une réserve de nourriture donnée, il existe une vitesse particulière à laquelle il doit nager de manière à maximiser son taux de croissance. De plus, vu que le poisson à la croissance la plus rapide dans une classe d'âge aura une meilleure condition physiologique, il sera donc plus efficace pour rechercher sa nourriture et éviter les prédateurs et aura, de ce fait, un taux de survie supérieur à celui des poissons plus lents. Notre modèle indique donc que les variations du recrutement peuvent provenir de la fluctuation naturelle d'un certain nombre de facteurs qui tendent à modifier la croissance, comme le nombre initial de poissons dans chaque classe d'âge, la disponibilité de la nourriture et les conditions hydrographiques. Pour vérifier l'utilité générale de ce modèle, nous comparons les liens théoriques qui existent entre la croissance et la survie et les taux mesurés chez les maquereaux juvéniles dans la baie St-Georges, en Nouvelle-Écosse.

D.M. Ware, T.C. Lambert, J.K. McRuer, A.D. MacDonald

ÉCOLOGIE DES LARVES DE POISSONS

En 1973, nous avons commencé une étude de faisabilité dans la baie St-Georges pour déterminer si, d'un point de vue halieutique, il s'agissait d'un milieu adéquat pour étudier le début du cycle vital des populations de maquereaux bleus et d'autres espèces de poissons. Comme les résultats initiaux ont été intéressants, l'étude s'est poursuivie et en 1974 l'objectif final du programme était d'élucider les rapports entre le cycle du frai du maquereau et la production de nourriture pour les larves. Les deux autres objectifs consistaient à étudier la variation de taille des oeufs de poissons pélagiques (dans les eaux de surface) en fonction de changements similaires dans la communauté zooplanctonique et la possibilité de découvrir des groupes d'oeufs de maquereaux de façon à pouvoir étudier sur place leur taux de croissance et leur taux de perte. Chacun de ces objectifs avait été choisi pour déterminer l'importance de différents facteurs sur la croissance et la mortalité du maquereau au début de son cycle vital.

Nous avons démontré que la taille moyenne d'une particule de zooplancton est en proportion inverse de la température de l'eau et en rapport direct avec la diminution de la taille de l'oeuf de maquereau durant le cycle du frai. Il existe donc un lien positif entre la taille des larves nouvellement écloses et les réserves de nourriture dont elles disposent. Nous avons aussi constaté durant trois années

consécutives que le taux de perte d'oeufs mesuré (d'environ 40 p. cent de la population par jour) est compatible avec notre modèle théorique, élaboré pour évaluer l'importance de l'adaptation de la taille des oeufs sur le recrutement. Compte tenu de ces résultats, nous poursuivons notre étude des différences dans la taille des oeufs entre espèces durant leur cycle de frai respectif, en fonction des changements locaux de la taille des particules dans la communauté zooplanctonique prise dans son ensemble.

Ce programme a pris une nouvelle expansion en 1976 et aujourd'hui la baie St-Georges est considérée comme un écosystème typique : la production biologique et, jusqu'à un certain point, les caractéristiques physiques sont typiques d'autres baies du sud du golfe Saint-Laurent. Notre champ d'étude embrasse maintenant la communauté pélagique tout entière. Au cours des prochaines années, nous espérons pouvoir quantifier la dynamique de la taille des particules du plancton pour toutes les saisons et déterminer s'il existe un gradient de production littorale qui s'établirait durant l'été, ce qui pourrait avoir une importance écologique pour les larves de poissons.

D.M. Ware, T.C. Lambert, J.K. McRuer

DYNAMIQUE DES SYSTÈMES DE PRODUCTION DE POISSONS

Ce programme utilise des données, existantes ou faciles à obtenir, qui permettent de prévoir comment les systèmes de production de poissons réagissent aux agents d'agression, c'est-à-dire tout ce qui crée un changement au sein de l'écosystème naturel. Nous étudions en particulier la réaction de la communauté et ses effets sur l'exploitation des pêcheries. Jusqu'ici, nos résultats indiquent que des propriétés et des comportements sont perceptibles à l'analyse d'un système de production de poissons ou de plusieurs stocks, que les pêcheries ont des configurations multiples et stables, limitées par des zones de transition abruptes, que la dynamique des stocks individuels peut être interprétée partiellement en ces termes et qu'un certain nombre de nouvelles méthodes d'analyse, comme la théorie des cataclysmes, peuvent compléter utilement les techniques classiques.

S.R. Kerr

LA STRUCTURE DES ÉCOSYSTÈMES PÉLAGIQUES ET LES RELATIONS ENTRE LE PLANCTON ET LA PRODUCTION DE POISSONS

Des observations récentes sur la concentration des organismes dans la mer par rapport à leur taille confirment que la structure (c.-à-d. les rapports entre le nombre et la taille des animaux et des plantes) de la chaîne trophique pélagique que nous avons tenté de mettre au point il y a quelques années est correcte. Il s'agit d'une structure extrêmement simple. La production de tout groupe d'organismes ne varie que selon sa taille; le stock (ou la masse) de tous les organismes est similaire et ne dépend pas de la taille. Plus simplement il s'agit d'une explication approximative, cela signifie que si l'on prend tous les poissons vivant dans une région, qu'on les découpe en morceaux de la taille du phytoplancton et qu'on disperse ces morceaux dans la mer, la masse de ces «morceaux de poissons» sera la même que celle du phytoplancton.

Il est évident qu'en mesurant la concentration du phytoplancton dans une zone donnée, on peut du même coup évaluer la concentration des poissons. De plus,

si l'on mesure le taux de croissance des poissons, ce qui n'est pas difficile, on peut ensuite évaluer la production potentielle des poissons. Cette donnée pourra servir à calculer la prise maximale potentielle.

Nous avons fait ces calculs pour deux zones. Dans le golfe du Maine, nous avons utilisé les données sur les captures pour évaluer la production potentielle de plancton. Au large du Pérou, nous avons utilisé les données sur le plancton pour évaluer la production potentielle des pêcheries d'anchois. Dans les deux cas, nos évaluations étaient très proches des valeurs réelles.

R.W. Sheldon, W.H. Sutcliffe, Jr.

ÉTUDE DES MOLLUSQUES

Durant l'été 1974, nous avons créé un programme visant à déterminer la capacité de production des anses dans les Maritimes. Les premiers essais portaient sur la création de dispositifs pour garder les espèces sur place. Pour la première expérience, trois bivalves (moules, *Mytilus edulis*, myes communes, *Mya arenaria*, et couteaux, *Ensis directus*) ont été déposées près de l'île Luke dans la baie St. Margaret. Des casiers cylindriques ont permis de conserver les myes et les couteaux durant deux hivers et ont évité toute mortalité par prédation, facteur très important sur les plages voisines. La coquille des myes communes a atteint en moyenne une longueur de 40 millimètres en deux saisons. Pour les couteaux, l'expérience a moins bien réussi car ces mollusques, mobiles, pouvaient s'échapper des casiers.

Durant deux ans, les moules ont été cultivées avec succès, suspendues à des cordes, même si les glaces flottantes et les tempêtes ont rendu nécessaire un entretien constant des dispositifs de culture. Les moules, relativement peu protégées, ont subi quelques pertes dues à des colonies naturelles d'étoiles de mer. Malgré tout, la croissance a été bonne puisque les moules ont atteint en deux saisons une taille supérieure à la taille commerciale minimum.

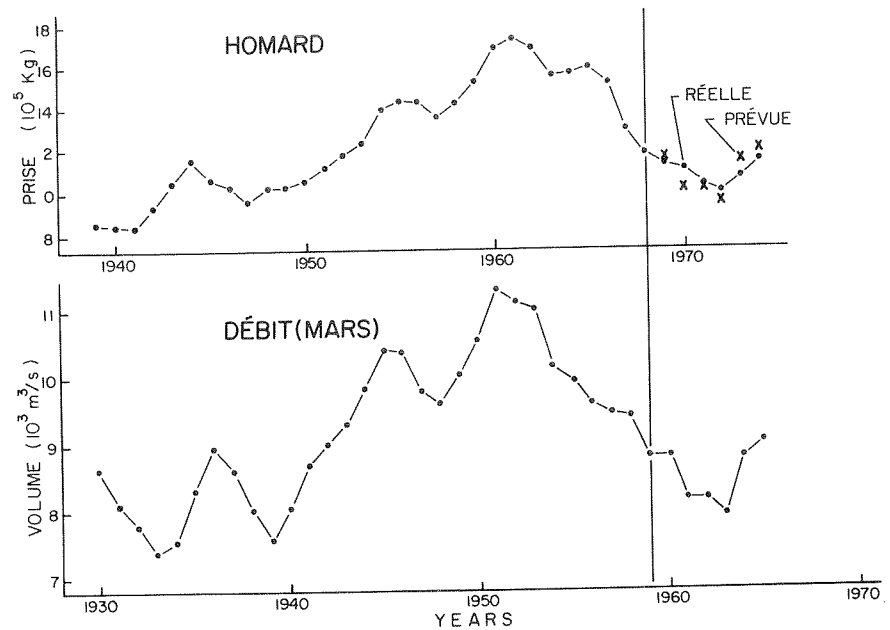
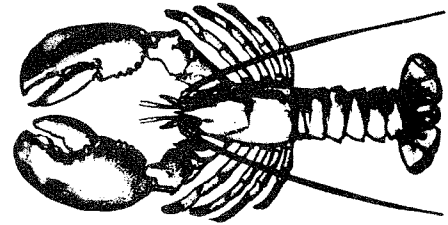
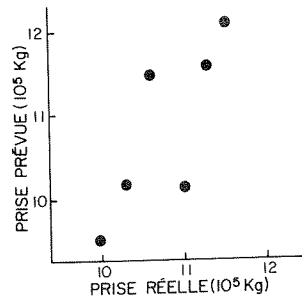
Les indices de production (taux de production comparé au nombre de mollusques en un lieu) pour différents milieux ne peuvent se calculer sur la base de mesures de la croissance et de la mortalité pour une espèce indicatrice, à moins que l'on ne soit sûr de pouvoir différencier chez les spécimens d'un stock les influences d'ordre physiologique (génétique?) de celles qui sont d'ordre écologique. Des travaux antérieurs sur les moules effectués dans le bassin de Bedford et la baie St. Margaret ont prouvé qu'il existe, d'une baie à l'autre, de notables différences dans les paramètres de production et laissent entrevoir la possibilité de «souches» à croissance différente dans le même stock. C'est pourquoi, en 1976, nous avons commencé d'étudier plus à fond ces anomalies.

Dans la baie St. Margaret, le bassin de Bedford et la baie Malpèque (Î.-P.-É.), nous avons déposé des moules dans des cages suspendues. Cette expérience en trois milieux, commencée au printemps, s'est poursuivie durant toute la saison de croissance. Les résultats préliminaires indiquent que la rusticité pourrait différer de façon notable dans les trois zones. Nous poursuivrons l'expérience durant une seconde saison de culture.

K.R. Freeman

ÉTUDE DE LA PLIE ROUGE

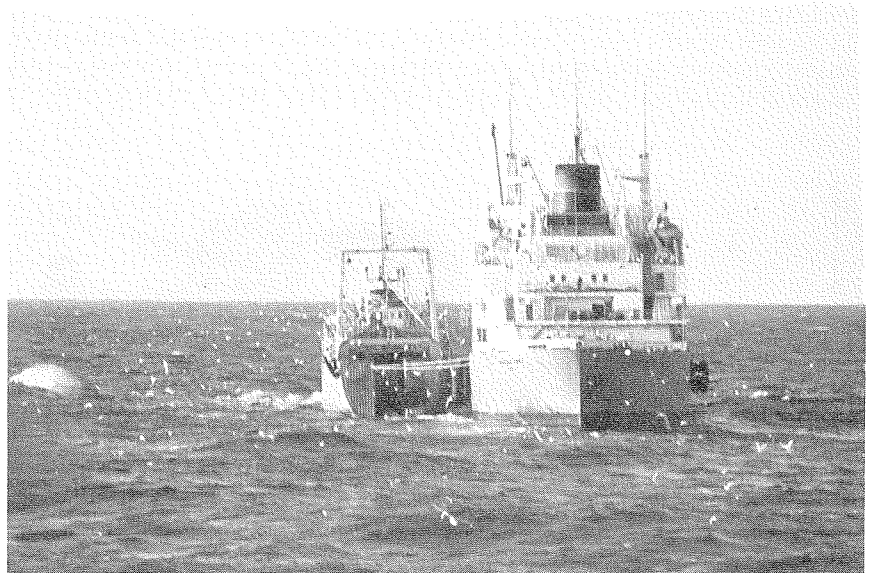
Nous avons voulu étudier la possibilité d'utiliser un vertébré comme organisme témoin, et à la fin de 1974 nous avons mené une enquête comparative sur la croissance de la plie rouge (*Pseudopleuronectes americanus*), espèce ubiquiste des Maritimes. La première expérience, terminée au printemps de 1975, semblait indiquer que les plies de St. Margaret et de la baie Malpèque avaient nettement tendance à conserver les caractéristiques de croissance du stock dont elles étaient issues, sans rapport avec le lieu d'élevage ni le régime alimentaire auxquels elles étaient soumises après la capture. Autrement dit, il semble que ces poissons soient génétiquement distincts en ce qui a trait à leur capacité de croissance. Les



Prise de homards au Québec et débit du Saint-Laurent et de ses principaux affluents, neuf ans auparavant. (LOA 4194)

bassins du laboratoire près de la baie Malpèque ne se prêtaient pas à une étude de la croissance l'été; mais après amélioration, de nouvelles tentatives en vue de confirmer les différences de croissance observées chez la plie rouge auront lieu l'an prochain.

K.R. Freeman



Chalutier et baleine se disputent le capelan.

PRODUCTION DE POISSONS ET VARIATIONS CLIMATIQUES ET OCÉANOGRAPHIQUES

Les espèces qui forment le gros des prises commerciales dans le golfe du Maine ont une réaction, soit positive, soit négative, au climat océanographique local déterminé par la température. Apparemment, ces réactions s'équilibrent puisque les prises sont demeurées à peu près stables pendant environ vingt ans (1940-1959), jusqu'à l'apparition des grandes flottes de pêche étrangères durant les années soixante. Un modèle théorique de trois espèces du plateau continental et des influences du milieu pourrait expliquer quelques données de l'évolution de ces pêcheries.

Des prévisions d'il y a cinq ans sur les prises commerciales de homards et de flétans au Québec, calculées à partir du débit du Saint-Laurent, concordent bien jusqu'ici avec les prises réelles. La figure illustre les prises de homards au Québec en fonction du débit de mars du Saint-Laurent et de ses principaux affluents, neuf ans auparavant. À droite du graphique sur le homard, on indique les prises prévues (à partir du débit) et les prises réelles de 1968 à 1974 (moyennes cumulées de trois ans). Le graphique des prises réelles en fonction des prises prévues montre une corrélation élevée.

W.H. Sutcliffe, Jr.

BIO-ÉNERGÉTIQUE DES MAMMIFÈRES MARINS

Pour étudier l'énergétique des grandes baleines, le chercheur est limité à des observations occasionnelles ou à l'étude de baleines échouées. Rares sont ceux qui peuvent organiser des expéditions ou étudier du matériel frais aux quelques stations baleinières restantes, pélagiques ou terrestres.

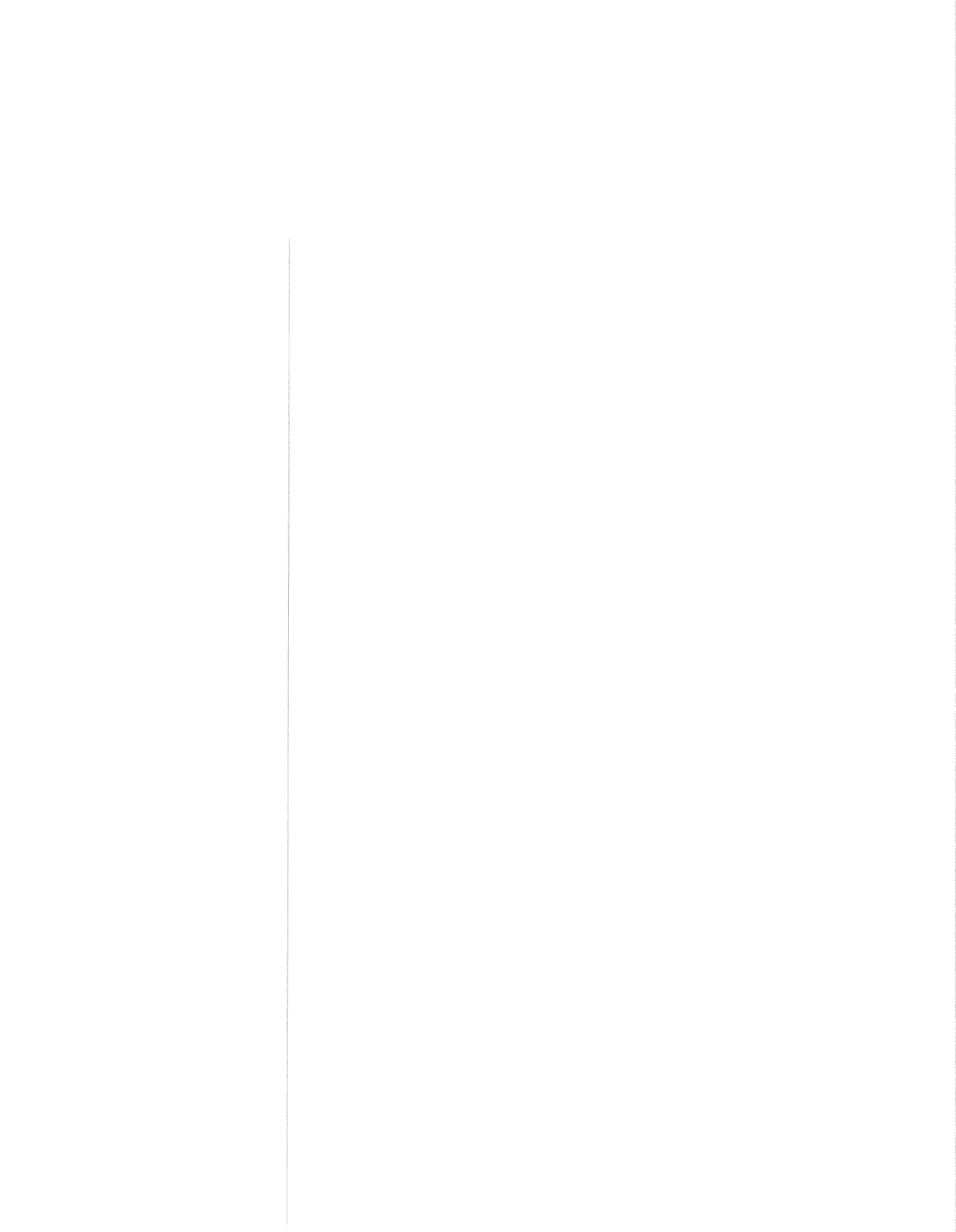
Les taux métaboliques attribués aux gros cétacés sont souvent incompatibles avec les ressources alimentaires existantes et chargent les animaux de taux si élevés que la plus fréquente cause de mortalité, chez ceux-ci, devrait être la combustion spontanée! La très grande taille de certains cétacés leur permet d'avoir un comportement unique; ils peuvent stocker la nourriture pour les longues périodes de migration et de jeûne. Si on leur applique les paramètres habituels des mammifères terrestres, comme l'ingestion quotidienne de nourriture en pourcentage du poids de l'animal, on obtient des résultats déroutants.

Le bilan énergétique exact des grands cétacés revêt une grande importance parce qu'il sert à évaluer le potentiel des autres ressources du même système. Si les demandes énergétiques des cétacés sont trop élevées, la productivité de la proie dont ils se nourrissent est elle aussi trop forte. Il s'ensuit que la proie exploitable commercialement, après diminution due au prédateur (par la chasse à la baleine par exemple), est surestimée.

Aussi étonnant que cela puisse paraître, les études théoriques de l'énergie pourraient apporter beaucoup à l'industrie baleinière en lui fournissant des renseignements sur la vie des cétacés; d'autre part, la demande croissante en ressources marines, depuis le krill de l'Antarctique jusqu'au capelan de l'Atlantique Nord, pourrait avoir un effet considérable sur les populations de mammifères marins. C'est pourquoi, de plus en plus, on étudie et on essaie de gérer les ressources marines comme des écosystèmes et non plus comme des stocks indépendants.

Les conclusions des études du Laboratoire d'écologie marine concordent avec celles de travaux réalisés au Japon et en Angleterre. On croit que les demandes énergétiques des grands mammifères marins avaient été exagérées et qu'on avait ainsi surestimé le volume de leurs proies. Le Japon a montré un vif intérêt pour ces résultats, lui qui cherche de nouvelles techniques pour récolter le krill de l'Antarctique.

P.F. Brodie



SECTION C

**Centre géoscientifique
de l'Atlantique
(CGA)**

**Commission géologique
du Canada**

**Ministère de l'Énergie,
des Mines et
des Ressources, 1975-1976**

Directeur – B.D. Loncarevic

Sous-division de la géologie du pétrole – section de l'Est
Sous-division de la géologie marine (environnement)
Sous-division des levés régionaux de reconnaissance
Sous-division du soutien
Administration

Notes du directeur

Au moment où nous entrons dans le dernier quart du vingtième siècle, l'humanité semble faire une pause. Il n'y a de guerre ouverte sur aucun front et les canons se sont tus pour un moment. L'hystérie provoquée par la crise de l'énergie paraît se résorber, bien que le problème de la conservation et de la répartition des ressources demeure entier. Nous semblons prendre l'inflation pour un fait acquis même si en toute logique elle conduit à l'écroulement de l'ordre économique actuel. D'autre part, la Conférence sur le droit de la mer a abouti à une impasse, malgré tous les avertissements quant au risque de voir les différends actuels dégénérer en conflits internationaux graves.

Nous retardons le moment d'un règlement, non pas dans l'espoir que disparaissent les problèmes, mais parce qu'il nous faut connaître davantage la nature complexe de systèmes planétaires avant de pouvoir les maîtriser. Nous faisons d'ailleurs des progrès dans ce sens et le rôle des géologues prend une importance accrue. Il est donc vrai de dire que la conférence sur l'avenir, organisée à Ottawa à l'automne 1974 par la Commission géologique du Canada, a été l'événement le plus important des dernières années dans ce domaine au Canada. En effet, les conférenciers s'étaient donné comme objectif d'étudier les grands courants qui détermineront notre travail au cours des 25 prochaines années.

Pour préparer cette conférence, le Centre géoscientifique de l'Atlantique a tenu un certain nombre de réunions privées durant l'été de 1974. Quelques-uns des points soulevés à ce moment étaient : premièrement, la fin de l'isolement des scientifiques, l'engagement des individus dans des projets de groupe ou à caractère coopératif et la présence des groupes sur la scène publique; la nécessité d'orienter de plus en plus les politiques à partir des connaissances et des données scientifiques au fur et à mesure que se confirme l'interdépendance des divers éléments de la société et que les besoins techniques de cette dernière s'accroissent; troisièmement, le caractère quantitatif de la géologie, qui s'accroîtra plus les travaux d'analyse seront fondés sur le traitement des données numériques, ce qui entraînera la création de modèles abstraits à partir des mathématiques non linéaires et des expériences de simulation statistique; et quatrièmement, l'évolution des techniques utilisées pour l'inventaire des ressources qui, à mesure que ce dernier se raffine, ressemblent de plus en plus à celles qui sont employées pour l'exploration minière.

On en est arrivé à la conclusion, tout spécialement en ce qui concerne les régions au large de la côte, que notre intérêt pour les secteurs marins ne devra pas se limiter à nos propres régions pour les raisons suivantes : tout d'abord, les sciences de la mer deviendront un levier important de la politique internationale; en effet, au cours de toutes les réunions d'ordre scientifique et technique tenues avec d'autres pays, l'océanographie a fait l'objet d'une attention spéciale; ensuite, il est probable qu'un organisme international de surveillance du fond des mers

soit créé et le Canada voudra sans doute y jouer un rôle actif et peut-être même prépondérant; enfin, le Canada recevra un nombre accru de demandes de soutien et de formation technique provenant de pays moins développés puisqu'un grand nombre d'entre eux reconnaissent maintenant les nouvelles responsabilités qui leur reviennent en vertu du droit de la mer.

Le plus sérieux inconvénient qu'ait subi le Centre au cours des dernières années a certainement été de s'habituer à la diminution des subventions tout en conservant l'enthousiasme au travail et le rendement. Ce sont surtout les administrateurs qui sont les plus frustrés par cette situation puisqu'ils voient un nombre grandissant de plans et de projets avorter. Malgré les facteurs extérieurs, qui auraient facilement pu décourager l'équipe du Centre, le personnel scientifique a augmenté la productivité dans un grand nombre de projets diversifiés, en améliorant la qualité du travail, comme en font foi nos publications, et en assumant le mieux possible des responsabilités toujours plus grandes.

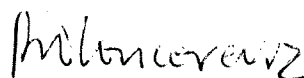
D'une façon plus immédiate, nous avons relevé les défis de l'inflation en coupant les dépenses superflues à chaque niveau, en ne retenant que les projets qui donnent les meilleurs résultats en fonction des investissements et en retardant les projets moins urgents. L'adaptation à la situation financière actuelle se fera en multipliant nos efforts pour définir nos objectifs à long terme et en exerçant une planification réaliste à plus long terme.

La situation du Centre n'est pas unique. Elle est propre à la plupart des organismes de recherche qui doivent se demander comment définir le rôle et les objectifs de la recherche dans une société dont les valeurs et l'idéal changent constamment. Il semble que la société et les gouvernements ne soient pas prêts à soutenir la recherche à long terme (ou qu'ils en soient incapables) à moins d'y voir des avantages immédiats. Les ressources autrefois disponibles pour la recherche à long terme s'amenuisent et on les utilise plutôt pour régler des problèmes locaux et pour répondre à des questions déjà dépassées. En même temps, les organismes de contrôle prolifèrent à mesure que nous nous dirigeons vers une économie centralisée. Ces organismes étant créés en vertu de dispositions législatives, des fonds doivent leur être attribués et c'est fréquemment aux dépens des budgets de recherche qu'ils sont assurés. Actuellement, la science est particulièrement vulnérable, non seulement à cause de la diminution des subventions et d'une certaine désillusion générale, mais aussi parce que ce désenchantement peut se communiquer aux chercheurs. Mais il faut considérer toute la situation comme un défi, comme un moyen de stimuler cette créativité qui est toujours le fondement de grandes réalisations. L'Inquisition n'a pas découragé Galilée et n'a pas étouffé les vérités qu'il avait mises en lumière. Les théories de Darwin se sont affirmées malgré — et non pas à cause de — l'enthousiasme public. Même la

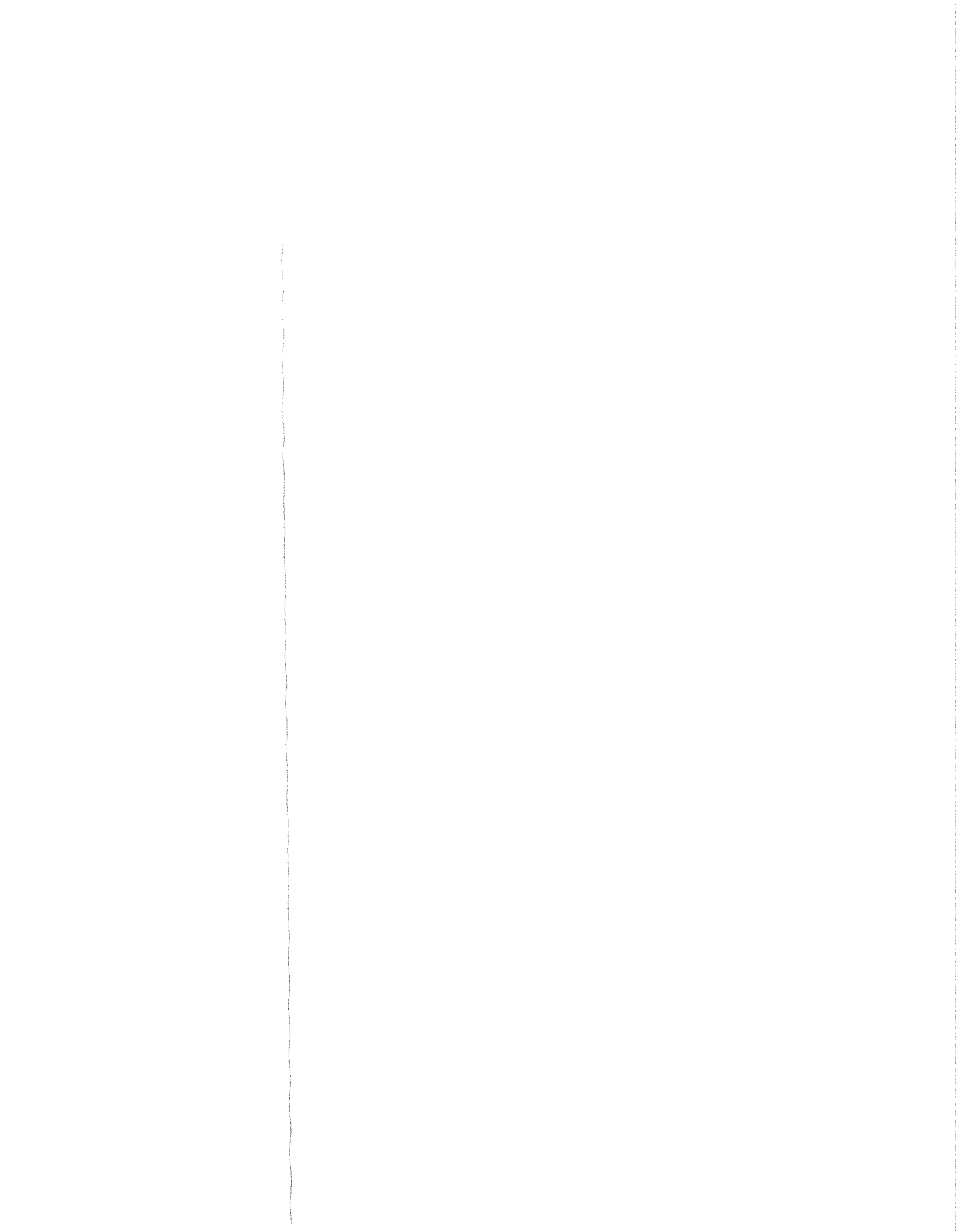
théorie de la dérive des continents est acceptée par bon nombre de scientifiques qui, il y a seulement quelques dizaines d'années, la considéraient comme une absurdité totale.

Le domaine ouvert à la recherche scientifique au service de la société est immense encore. Tant que les scientifiques garderont une attitude positive, ils seront en mesure de contribuer au progrès de la société. Le Canada a besoin de la recherche océanologique et les océans sont encore une voie importante de communication entre les peuples.

*Le Directeur
Centre géoscientifique de l'Atlantique*



B.D. Loncarevic





Géologie du pétrole du Secteur de l'Est

Le Service de la géologie du pétrole du Secteur de l'Est concentre ses efforts sur l'étude de la structure géologique et de l'évolution des bassins sédimentaires de l'est du Canada, sur terre et au large. Ce programme facilite l'évaluation des ressources, en particulier du pétrole et du gaz. Des études scientifiques sont menées dans chacun des bassins principaux indiqués sur la carte à la page 113. L'importance des travaux peut varier selon le potentiel en hydrocarbures de chaque région. Les spécialistes de la biostratigraphie et de la lithostratigraphie, les géophysiciens et les géologues spécialistes du pétrole unissent leurs efforts dans un programme d'analyse intégrée des bassins. En outre, les scientifiques font de la recherche dans le cadre de leur discipline particulière, travail qui rejoint ultimement les buts visés par les programmes collectifs. Nous présentons, dans les pages qui suivent, des exemples de nos activités et des résultats obtenus.

BASSINS DU MÉSOZOÏQUE ET DU TERTIAIRE-QUATERNAIRE DANS LA ZONE LITTORALE ATLANTIQUE

La zone littorale de l'Atlantique a la réputation de posséder les plus grandes réserves d'hydrocarbures, principalement à cause de traces importantes de gaz sur le plateau du Labrador. En conséquence, nous concentrons nos efforts surtout dans cette région.

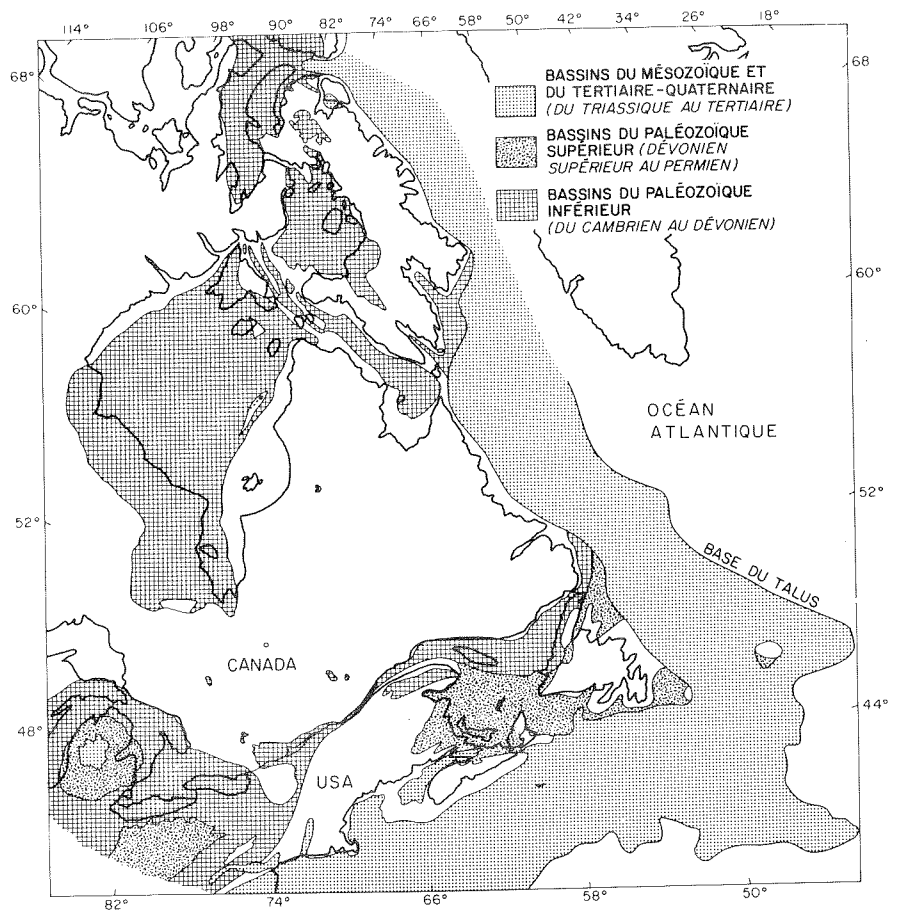
Biostratigraphie. — Nous faisons des études biostratigraphiques pour déterminer la zonation stratigraphique dans les assemblages de microfossiles à partir d'échantillons de résidus de puits forés dans la région. Cette zonation permet d'établir des corrélations d'un puits à un autre et de situer les couches enfouies à l'intérieur d'une géochronologie. Les microfossiles donnent aussi des indices quant aux conditions du milieu au moment du dépôt des roches. Entre 1971 et 1976, l'étude paléo-écologique des puits du plateau de Scotian, des Grands bancs et du plateau du Labrador est passée des travaux analytiques initiaux à une synthèse plus générale. Des études micropaléontologiques et palynologiques relativement détaillées ont été menées à terme sur plus de 50 puits sous-marins. Les couches stratigraphiques des Grands bancs et du plateau de Scotian contiennent des roches du Trias, du Jurassique, du Crétacé et du Tertiaire-Quaternaire; sur le plateau du Labrador, ce sont des roches du Paléozoïque, du Crétacé et du Tertiaire-Quaternaire. Des études récentes ont fourni une biozonation multiple du plateau du Labrador spécialement axée sur son caractère nord-atlantique, une zonation multiple du Jurassique sur les Grands bancs, en soulignant ses affinités avec «l'Ancien Monde», une zonation palynologique détaillée du Crétacé-Tertiaire-Quaternaire sur les Grands bancs et le plateau de Scotian et une zonation de foraminifères-ostracodes du plateau de Scotian.

Notre participation au projet de forage en eau profonde, sous-programmes n^{os} 41 et 44, nous a permis de prélever des échantillons de microfaune et de microflore d'excellente qualité du Crétacé dans les faciès situés en eau profonde. Le rapprochement de ces données avec les données paléo-écologiques et biostratigraphiques des Grands bancs et du plateau de Scotian suffira sans doute à relancer les études du bassin de l'Atlantique Nord.

Menées parallèlement à nos études palynologiques, les études du type et de la coloration du kérogène (la matière organique) dans les traces trouvées dans les résidus des forages ont donné des premiers résultats intéressants. Elles indiquent que, en général, la plupart des roches des Grands bancs et du plateau de Scotian trouvées dans les puits d'exploration sont thermiquement embryonnaires et ont très peu de chances de produire des hydrocarbures. Les sédiments plus récents dans ces puits contiennent surtout du kérogène amorphe embryonnaire d'origine marine et qui est le type le plus favorable à la formation du pétrole. Plus creux dans les puits, là où les températures atteintes auraient pu suffire à produire du pétrole à partir de la matière amorphe, on rencontre surtout du kérogène provenant de matières ligneuses et herbacées d'origine terrestre. Ce matériau doit être porté à des températures beaucoup plus élevées pour produire du pétrole et du gaz. Sur le plateau du Labrador, les analyses de couleur organique indiquent que le matériau provenant de matières ligneuses et herbacées près du fond de certains puits avait presque atteint la maturité et que, pour cette raison, il formait du gaz. La matière amorphe des sédiments plus récents est souvent en transition entre l'état embryonnaire et la maturité et, si l'on découvre des secteurs sur ce plateau qui comportent de la matière amorphe parvenue à maturité, on peut s'attendre à trouver du pétrole.

L'évaluation des réserves d'hydrocarbures au moyen de l'analyse du type et de la couleur organiques ne tient pas compte de certains facteurs comme la géochimie des hydrocarbures, la porosité des sédiments, l'existence de couvertures de gisement, ou encore de considérations d'ordre structural. Cependant, sans les matières organiques appropriées, suffisamment chauffées pour une période donnée, il ne faut pas s'attendre que des volumes importants de pétrole et de gaz se forment, même si les autres facteurs semblent favoriser la formation d'importantes accumulations d'hydrocarbures.

Analyse des bassins. — Dans le cadre de notre programme d'analyse des bassins, nous avons participé à l'inventaire des dépôts d'évaporite mené par la Commission géologique du Canada. Deux raisons ont motivé la tenue de l'étude : l'énergie atomique du Canada, Ltée voulait des données sur les lits de sel en fonction de l'entreposage à long terme de déchets nucléaires; et l'on éprouvait le besoin de répertorier les venues d'évaporite au Canada pour des raisons d'ordre économique. Les résultats de la partie de l'étude menée au large des côtes de l'Atlantique indiquent que les évaporites du Mésozoïque inférieur, déposés dans les fosses tectoniques formées au début de l'éloignement des continents, comprennent deux formations dans la marge atlantique du Canada. La formation Osprey, du Trias supérieur, a 2054 mètres d'épaisseur dans la section type. Elle est formée de lits, étroits ou épais, de sel gemme relativement pur et en cristaux grossiers, avec intercalation de lits de schiste argileux brun rouge. La formation Argo, du Jurassique inférieur, a 780 mètres d'épaisseur dans la section type et elle est formée de lits épais de sel pur avec intercalation de schiste argileux rouge et gris, peu abondant. Les successions jurassiques, à caractère marin de plus en plus prononcé et qui recouvrent la formation Argo, témoignent de l'amorce d'un régime



Bassins sédimentaires de l'est du Canada et des régions avoisinantes. (LOA 3573)

normal de sédimentation marine correspondant au développement de l'Atlantique. La sédimentation, suivant le dépôt des sels de successions très épaisses, s'est traduite par la formation d'un grand nombre de structures fluidales de sel.

Nous avons étendu nos études des couches enfouies jusque dans l'Atlantique Nord, grâce à notre participation au projet de forage en eau profonde et à notre participation à des ateliers portant sur la nomenclature des formations sédimentaires de l'Atlantique Nord. Les successions sédimentaires du Mésozoïque des secteurs est et ouest du bassin central de l'Atlantique Nord ont environ le même âge, les mêmes assemblages fauniques et la même composition pétrographique, bien qu'elles soient séparées par les couches volcaniques de la dorsale atlantique. Dans le bassin central de l'Atlantique Nord, sept formations sédimentaires peuvent être distinguées. L'étude des microfaciès des successions sédimentaires jurassiques a réduit l'étendue des unités lithostratigraphiques et biostratigraphiques. Les plus vieux sédiments récupérés au cours de la campagne de forage en eau profonde dans le centre de l'Atlantique Nord semblent dater du milieu du Jurassique supérieur. Les sédiments ont été déposés dans un milieu

épibathyal, au-dessus de la profondeur de compensation des carbonates. Le fond de la mer a glissé au-dessous de cette profondeur durant l'Aptien. Les conditions euxiniques de l'Aptien-Cénomaniens ont résulté de la stagnation des eaux intermédiaires et de fond, due elle-même à l'interruption de la circulation en eau profonde, soit par la séparation des plaques continentales entre les Grands bancs et l'Espagne et le Portugal (il y a environ 120 millions d'années), soit par des mouvements orogéniques dans la région de Gibraltar et du nord-ouest de l'Afrique, soit au cours de l'amorce de séparation de l'Afrique et de l'Amérique du Sud. La circulation de fond s'est rétablie au cours du Crétacé supérieur.

Les données tirées des trois puits forés sur le plateau du Labrador (Leif M-48, Bjarni H-81 et Gudrid H-5) sont maintenant publiées; elles ont facilité l'analyse des données géophysiques. Les profils sismiques autour de ces puits révèlent la présence de failles dans le socle, sans que ces dernières ne dérangent sérieusement

ÈRE	ÂGE (M A)	PÉRIODE	ÂGE	ÉTAGES
TERTIAIRE QUATERNAIRE	1,8	QUATERNAIRE	HOLOCÈNE PLÉISTOCÈNE	MAESTRICHTIEN CAMPANIEN SANTONIEN CONIACIEN TURONIEN CÉNOMANIEN
		TERTIAIRE	PLIOCÈNE MIOCÈNE OLIGOCÈNE ÉOCÈNE PALÉOCÈNE	
MÉSOZOÏQUE	65	CRÉTACÉ	SUPÉRIEUR INFÉRIEUR	ALBIEN APTIEN BARRÉMIEN HAUTERIVIEN VALANGINIEN BERRIASIEN
	140	JURASSIQUE	SUPÉRIEUR MOYEN INFÉRIEUR	
	195	TRIAS	SUPÉRIEUR MOYEN INFÉRIEUR	
	230	PERMIEN	SUPÉRIEUR INFÉRIEUR	
PALÉOZOÏQUE	280	CARBONIFÈRE	SUPÉRIEUR INFÉRIEUR	STÉPHANIEN WESTPHALIEN NAMURIEN
	345	DÉVONIEN	SUPÉRIEUR MOYEN INFÉRIEUR	
	395	SILURIEN	SUPÉRIEUR INFÉRIEUR	VISÉEN TOURNAISIEN
	435	ORDOVICIEN	SUPÉRIEUR INFÉRIEUR	
	500	CAMBRIEN	SUPÉRIEUR MOYEN INFÉRIEUR	
	570	PRÉCAMBRIEN		

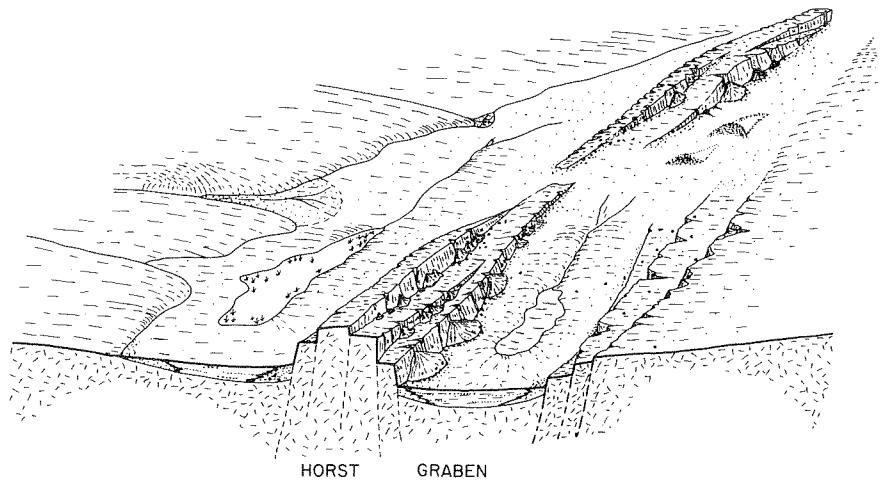
les sédiments surjacents. Les failles sont normales et beaucoup d'entre elles présentent un plan de faille incliné vers l'ouest, indicatif d'un affaissement vers nos côtes actuelles. Elles correspondent à un épisode de formation du bassin qui se serait produite, au cours du Crétacé inférieur. Une extrusion d'épanchements de lave basaltique sub-aérienne accompagnait le développement des failles. Les deux forages Leif M-48 et Bjarni H-81 ont pénétré ces couches de lave, vieilles, suivant un calcul radiométrique, de 120 à 139 millions d'années. Guidrid H-55 a percé en entier la succession sédimentaire du Mésozoïque et une dolomie west-phalienne terminée par une discordance, et a atteint un socle cristallin du Précambrien.

L'étude de ces puits révèle qu'après une phase de sédimentation continentale clastique discontinue, les sédiments se sont déposés dans un milieu où les eaux devenaient très vite profondes, remplacées progressivement par des hauts-fonds. Ainsi, le sable continental et les sédiments néritiques peu profonds du Crétacé inférieur au Paléocène sont recouverts de dépôts d'eaux profondes datant de l'Éocène moyen au Miocène inférieur. Par la suite, la sédimentation s'effectuait dans des eaux de moins en moins profondes pour en arriver enfin aux dépôts de sable du Pléistocène des eaux peu profondes. Les deux puits Bjarni H-81 et Gudrid H-55 ont intercepté d'épais réservoirs de gaz. Le réservoir de Bjarni est formé de sable continental du Crétacé inférieur, de 98 mètres d'épaisseur, mais dont environ 61 mètres peuvent être considérés comme un réservoir d'hydrocarbures. Le réservoir de Gudrid est formé d'une dolomie cristalline datant du West-phalien et comprise entre les sédiments du Mésozoïque-Cénozoïque et un socle précambrien. La dolomie a 131 mètres d'épaisseur, dont plus de 98 mètres peuvent être considérés comme un réservoir d'hydrocarbures.

BASSINS DU PALÉOZOÏQUE SUPÉRIEUR

Les études de surface et les études en profondeur des bassins du Paléozoïque supérieur dans les provinces Atlantiques font appel aux zonations biostratigraphiques déterminées par les spores fossiles. Dernièrement, il y a eu une importante étude canadienne visant à dresser l'inventaire des dépôts d'évaporite du Paléozoïque supérieur. L'étude a permis de relever un certain nombre de régions au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Écosse et dans l'ouest de Terre-Neuve, qui conviendraient pour l'entreposage des déchets nucléaires. L'histoire de ces dépôts d'évaporite a commencé avec la collision de l'Afrique avec l'Amérique du nord et l'Europe au cours de la phase tectonique acadienne et à la fin du Paléozoïque. La collision a provoqué un soulèvement, un plissement, la production de failles et une intrusion granitique. Avec le ralentissement de l'orogénèse, le socle très fracturé s'est affaissé en formant des séries complexes de horst et de graben orientés vers le nord-est. Vers la fin du Tournaisien et au début du Viséen, tout le secteur a continué de s'affaisser en créant une accumulation de dépôts de pans de la partie supérieure du Groupe de Horton supérieur, suivi par l'avance de la mer Windsor, elle-même peut-être une extension de la mer viséenne du nord-ouest de l'Europe. La circulation restreinte de la mer Windsor dans l'actuel secteur oriental du Canada a provoqué l'accumulation de dépôts d'évaporite épais dans la partie inférieure du Groupe de Windsor. Durant le Viséen moyen supérieur et vers la fin du Viséen, le fond de la mer Windsor est devenu peu profond et marin, avec des dépôts clastiques et des roches carbonatées. De la fin du Viséen au Permien, une nouvelle compression, un soulèvement et l'érosion ont enlevé des portions importantes des roches des groupes Windsor et Horton. Ce soulèvement orogénique a provoqué un changement du milieu de sédimentation, du

milieu marin au milieu continental, ce qui a mené à l'accumulation d'épais dépôts de matières clastiques, de charbon et de traces de calcaires.



Côte à côte, un bloc soulevé et un bloc effondré : le horst et le graben. (LOA 4144)

BASSINS DU PALÉOZOÏQUE INFÉRIEUR

Nous avons fait la synthèse de la géologie du Paléozoïque inférieur du Canada atlantique, spécialement de la zone appalachienne, afin de pouvoir étudier l'évolution tectonique des plaques de la région. L'interprétation fournie par d'autres chercheurs et les conclusions de la présente étude indiquent que le début de l'évolution tectonique de la zone appalachienne a été très complexe et a compris la formation et l'obstruction de deux détroits coexistants de dimensions océaniques. Les océans étaient séparés par un bloc de l'écorce terrestre de la grandeur du Japon, la plate-forme d'Avalon. Le plancher des détroits était formé de l'écorce continentale du Cambrien et de l'Ordovicien inférieur (Ophiolite), et des structures volcaniques d'arcs insulaires de l'Ordovicien et du Silurien se sont formées au-dessus de zones réduites. Presque toute la zone a été soumise à des déformations, à des intrusions, à des soulèvements et à l'érosion suivant la fermeture définitive des océans entre le Dévonien moyen et le Dévonien supérieur. Au nord-ouest de la zone appalachienne, il y eut transgression de roches carbonatées datant du Cambrien et de l'Ordovicien inférieur, vers le nord-ouest, sur tout le continent nord-américain. Ces dépôts témoignent d'un banc de roches carbonatées beaucoup plus important, mais semblable, à beaucoup de points de vue, à l'actuel banc de Great Bahama. Les roches carbonatées, les évaporites et les sédiments clastiques se sont déposés dans une variété de conditions sur de grandes étendues dans l'est de l'Amérique du Nord à la fin de l'Ordovicien et pendant le Silurien et le Dévonien inférieur. La majeure partie de l'est du Canada s'est soulevée et a été érodée vers la fin du Tertiaire-Quaternaire, à l'exception de secteurs dans la zone appalachienne où des sédiments d'origine terrestre et des sédiments d'eaux marines peu profondes se sont accumulés dans un certain nombre de bassins formés en succession.

ÉVALUATION DES RESSOURCES

Tous les aspects de notre travail contribuent à former une base de données pour l'évaluation des réserves d'hydrocarbures des bassins sédimentaires de l'Est canadien. Il s'agit d'un effort de collaboration réunissant plusieurs organismes du gouvernement canadien, représentés à un sous-comité sur le potentiel géologique. (La méthodologie choisie a fait l'objet d'une analyse dans notre rapport biennal de 1973-1974.) Le sous-comité a mené à terme une réévaluation des principaux secteurs éloignés, en particulier du plateau continental du Labrador, du delta du Mackenzie et de l'archipel Arctique. Nous avons mis au point une méthode pour déterminer les distributions en importance des gisements afin de permettre une évaluation économique de la situation. Au cours de la dernière année, la Sous-division s'est enrichie d'une section de pétrologie du charbon. Cela exigeait la mise sur pied d'un nouveau laboratoire avec des installations permettant la mesure des coefficients de réflectance de la vitrinite (façon de déterminer la qualité du charbon). Nous agissons comme conseillers auprès du ministère des Mines de la Nouvelle-Écosse et de la Société de développement du Cap-Breton, en ce qui a trait aux programmes d'exploration houillère. Nous avons fait un relevé préliminaire des ressources en charbon de la Nouvelle-Écosse à partir des résultats du programme provincial de forage houiller; ce relevé faisait partie d'une étude se rapportant à la politique sur l'énergie du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources. Une évaluation détaillée des ressources thermiques et métallurgiques a été effectuée dans le bassin houiller de Sydney. Dans le cadre du programme d'étude de la géochimie des hydrocarbures, entrepris par le service de la Géologie du pétrole de l'Est, nous déterminons le coefficient de réflectance de la vitrinite d'échantillons obtenus à partir de puits sous-marins pour en déterminer le degré de métamorphisme organique.



Géologie du milieu marin

L'objectif ultime de notre programme de géologie du milieu marin est d'augmenter notre connaissance des processus physiques, chimiques et biologiques qui régissent le développement et la stabilité des ressources et des caractères géologiques marins. Avec une meilleure connaissance des processus critiques, il sera plus facile de résoudre les difficultés d'aménagement et de gestion des secteurs littoraux, de juger de la qualité de l'environnement et de connaître les ressources géologiques. Quatre groupes se partagent la tâche : le groupe de paléo-écologie, le groupe de géochimie organique, le groupe de géochimie inorganique et le groupe de la géodynamique du littoral. Les travaux comprennent : des études écologiques et paléo-écologiques des foraminifères et des mollusques du Pléistocène; des analyses géochimiques d'échantillons de puits exploratoires sous-marins pour déterminer le potentiel en hydrocarbures; des études de géochimie inorganique pour déterminer les mécanismes de dispersion et de précipitation des substances métalliques dans les sédiments marins du Quaternaire récent; des études sédimentologiques et géomorphologiques des rivages et des milieux voisins pour déterminer les facteurs commandant l'évolution et la stabilité des caractères littoraux; enfin des études multidisciplinaires des systèmes littoraux et estuariens pour déterminer la sensibilité du milieu et mettre au point des modèles de gestion efficace.

PALÉO-ÉCOLOGIE

Les principales recherches menées par ce groupe portent sur l'écologie et la paléo-écologie des foraminifères du post-Pléistocène. Afin d'être en mesure de déterminer les facteurs du milieu ayant pu agir sur la distribution des fossiles trouvés dans les sédiments enfouis, l'équipe veut mieux connaître l'écologie actuelle des foraminifères.

Biologie et écologie expérimentales. — Des études de l'habitat et du cycle évolutif des foraminifères ainsi que de leurs relations avec la communauté benthonique ont mis en lumière plusieurs faits importants, valables également pour la paléo-écologie. Nous avons découvert que seule la phase asexuée de ces animaux se déroulait dans les mares de jasant, un milieu de grande énergie. On a remarqué aussi que les espèces à coquilles calcaires avaient une importante poussée de population coïncidant avec la poussée de phytoplancton du début d'automne.

L'examen détaillé des tests (restes des squelettes) au microscope électronique a révélé que beaucoup de foraminifères benthiques sont ingérés par d'autres invertébrés et qu'on en retrouve la trace en surface des tests. Ces indications qu'ont laissées les populations aident à estimer le degré de perturbation biologique des sédiments et à déterminer le rapport entre les foraminifères et les plus grands invertébrés.

Nous avons entrepris les études préliminaires en vue d'une série d'expériences *in situ* pour mesurer la mobilité des populations de foraminifères. Étant donné qu'un grand nombre de facteurs peuvent intervenir, par exemple le déplacement par des vagues de tempête, l'entraînement par les glaces et la mobilité des animaux, il était nécessaire de faire l'analyse préliminaire de carottes et de les dater pour établir les événements probables liés aux tempêtes. Nous avons eu recours à plusieurs techniques de datation, y compris la datation au carbone 14, la datation par zones polliniques, la datation par l'intensité et la déclinaison paléomagnétique et la datation par les variations d'espèces fossiles; pour l'instant, nous tentons d'expliquer les écarts qui existent entre les différentes méthodes.

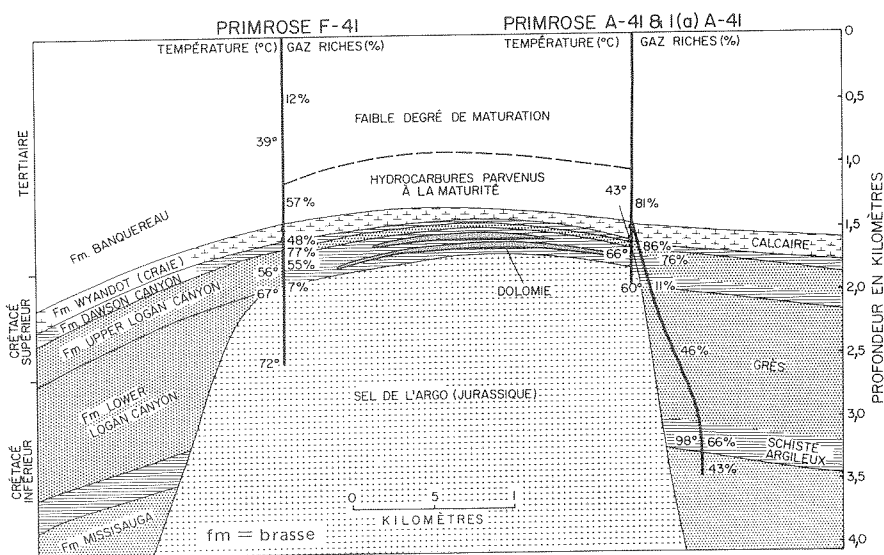
Études écologiques et régionales. — Nous avons fait, sur le terrain, des études paléo-écologiques de l'Arctique aux Maritimes. Nous avons pu retracer l'évolution des processus sédimentaires et des changements du niveau de la mer durant l'Holocène (les derniers 10 000 ans) à partir d'analyses détaillées des foraminifères et des mollusques trouvés dans les carottes et les échantillons prélevés par benne dans la mer de Beaufort. Dans la baie des Chaleurs, les foraminifères actuels sont distribués avant tout en fonction de la profondeur et de la salinité de l'eau, alors que les sédiments inorganiques doivent être plutôt rapprochés des niveaux d'énergie hydrodynamique. La principale difficulté que nous ayons eue à surmonter au moment de la reconstitution de la paléo-océanographie de la période du Pléistocène supérieur et de l'Holocène fut l'application des techniques classiques de datation.

Au cours des deux dernières années, un bon nombre de carottes ont été prélevées dans différents petits bassins des plateaux continentaux au large du Labrador et de la Nouvelle-Écosse et dans le golfe Saint-Laurent et la baie de Fundy. Phénomène assez généralisé dans les carottes, la concentration en méthane peut atteindre 20 000 parties par million. Les spécialistes de la paléo-écologie et de la géochimie organique ont voulu connaître les raisons de cette accumulation de gaz. Nous savons maintenant que : le méthane ne se rencontre que dans les sédiments contenant plus de 90 p. cent de particules à granulométrie voisine de celle de l'argile; des concentrations élevées de méthane ne sont trouvées qu'en association avec des sédiments comportant une faune caractéristique des estuaires ou des bords intérieurs du plateau continental; il n'y a pas de relation entre la concentration du carbone d'origine organique et la concentration du méthane, même si le carbone organique est nécessaire à la production du méthane; le méthane est produit à la suite de la dégradation bactérienne, anaérobie de la matière organique après la sédimentation.

Benthonics 75. — Le premier symposium international sur les foraminifères benthiques a eu lieu à Halifax en août 1975. Le symposium, parrainé par le Centre géoscientifique de l'Atlantique et l'université Dalhousie d'Halifax, comptait environ 200 participants et on y a présenté quatre-vingts comptes rendus détaillés. Un bon nombre des 11 séances ont porté sur un aspect ou l'autre des rapports écologiques en milieu marin contemporain et sur la paléo-océanographie à la lumière de la biologie et de la distribution des foraminifères benthiques du Quaternaire récent. Fait important, on a insisté aussi sur les rapports biostratigraphiques et paléo-écologiques des sédiments du Mésozoïque et du Tertiaire-Quaternaire. Les conférences et les comptes rendus seront réunis en deux volumes qui paraîtront dans une édition spéciale de *Maritime Sediments*.

GÉOCHIMIE ORGANIQUE

Le groupe de géochimie organique a concentré ses efforts sur l'étude des anciens éléments organiques trouvés dans les échantillons prélevés dans les puits d'exploration sous-marins. Le groupe s'est aussi penché sur des problèmes de géochimie en fonction du milieu et sur des problèmes particuliers relatifs à certaines particularités des couches sédimentaires marines du Quaternaire récent.

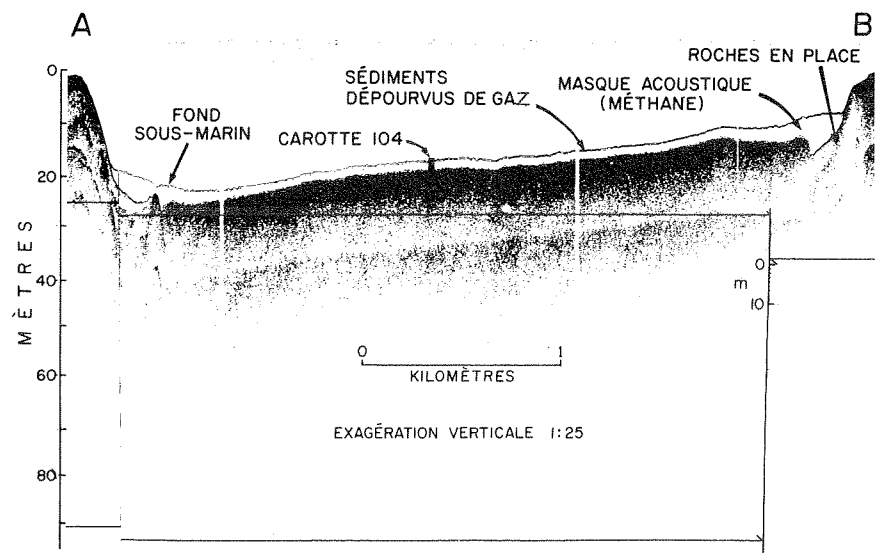


Coupe transversale d'une venue peu profonde de gaz riches des puits de prospection Primrose (Île de Sable, N.-É.), causée par de forts gradients de température résultant de la présence d'un dôme sous-jacent de sel de l'Argo du Jurassique. (LOA 4171)

Géochimie en fonction de l'exploration pétrolière. — Nous avons atteint notre objectif à long terme et nous sommes en mesure de fournir des données pour l'évaluation des réserves de pétrole et de gaz des régions au large de la côte est du Canada. Les analyses pour déterminer le carbone organique et les hydrocarbures sous forme gazeuse ont été réalisées pour plus de 3000 échantillons provenant de 24 puits d'exploration; beaucoup de ces puits sont situés dans des secteurs d'exploration éloignés comme le plateau du Labrador. Ces puits, tout comme ceux qui ont été forés il y a quelques années sur le plateau de Scotian et sur les Grands bancs, ont été étudiés de façon suffisamment détaillée par l'extraction des hydrocarbures lourds (ceux dont la chaîne est formée de plus de 15 atomes de carbone). En examinant la proportion des diverses fractions d'hydrocarbures et des autres fractions, par l'analyse quantitative des hydrocarbures saturés et l'évaluation statistique d'une gamme de données géologiques et géochimiques, nous avons pu créer des modèles de sédimentation de la matière organique, de diagenèse et de maturation pour expliquer les phénomènes observés. Nous avons déjà cerné les problèmes importants pour toute autre recherche régionale et pour la synthèse des modèles. Ces problèmes comprennent la détermination du type original de matière organique (marine ou non) sédimentée dans les bassins anciens, la détermination des degrés d'oxydation de l'environnement paléologique, l'évaluation exacte des gradients thermiques et la mesure de la migration des hydrocarbures.

Géochimie organique et sédiments du Quaternaire. — Comme nous l'avons mentionné plus tôt, des travaux de recherche interdisciplinaire ont porté sur les raisons de la génération de méthane dans des sédiments du Quaternaire. Outre les facteurs écologiques et paléontologiques qui déterminent les conditions favorables à la génération du méthane, nous avons trouvé que la formation de méthane d'origine bactérienne est associée de près à la diagenèse des sulfates solubles. La production du méthane n'est pas amorcée sans que la concentration des sulfates soit beaucoup inférieure aux concentrations de fond.

Il y a longtemps qu'on sait que la matière organique du sol influence la force de cisaillement, la compressibilité et la liquéfaction des sols. Nous avons maintenant démontré que dans les sédiments marins ces propriétés géotechniques sont en relation directe avec la présence de composés organiques naturels. Les expériences ont permis de démontrer que l'enlèvement de ces composés rendait les sédiments moins cohésifs et les faisait se tasser avec le cisaillement. Les expériences avec des composés humiques naturels ont permis de montrer que ceux-ci peuvent retarder la détérioration des structures en béton posées dans l'environnement marin.



Profil séismique en continu de la baie St. Margaret (N.-É.). Le masque acoustique est produit par une accumulation de méthane sous forme de bulles dans les sédiments. (LOA 4116)

GÉOCHIMIE INORGANIQUE

Les mécanismes commandant le dépôt des métaux dans les sédiments marins du Quaternaire récent sont déterminés à partir du comportement géochimique de ces métaux dans l'eau de mer et avec les particules de matières en suspension dans l'eau. La compréhension de quelques-uns de ces mécanismes est l'objectif principal de la recherche effectuée par ce groupe.

Éléments à l'état de traces et stabilité en solution. — La recherche d'une méthode convenable pour déterminer la concentration de l'eau de mer en éléments à l'état

de traces a conduit à la découverte d'un rapport entre la quantité relative de métaux réactifs (dégradables) et le pH. Ce rapport semble lié à l'hydrolyse des métaux et peut constituer un mécanisme important de régulation de l'équilibre des métaux à l'état de traces dans certaines eaux naturelles. Nous avons aussi constaté que, lorsqu'il y a abondance de matières organiques dans des eaux naturelles, les caractéristiques de la solution parfaite ne sont plus valables; dans ces conditions, la réactivité des métaux est plutôt en étroite corrélation avec la quantité et le type de matières organiques. Des expériences menées avec des suspensions de boues et de sables naturels ont démontré que les sédiments formés de particules fines sont beaucoup plus aptes à retirer les métaux à l'état de traces de la solution que les sables à particules plus grossières. Cependant, il n'est pas évident que le mécanisme de la réaction dépende uniquement de l'absorption en surface. D'autres mécanismes sont étudiés, dont l'échange ionique, la coprécipitation et la chélation métal-composé organique.

Des expériences préliminaires ont été effectuées pour déterminer l'efficacité de méthodes d'analyse du Cr^{3+} complexé. Ces études peuvent conduire à une analyse détaillée de la géochimie du chrome dans l'eau de mer et dans les sédiments marins et pourraient nous rapprocher de son utilisation comme indicateur des conditions d'oxydo-réduction qui accompagnent la précipitation des métaux dans l'eau de mer.

GÉODYNAMIQUE DES CÔTES

L'étude de la morphologie et de la nature sédimentaire des éléments géologiques côtiers ou du voisinage des côtes comporte normalement la mesure de certains événements dynamiques, par exemple les vents, les vagues, les marées et les courants, et leur mise en rapport avec l'effet exercé sur les plages, les barres submergées et les crêtes, les mouvements de sédiments et certains caractères de surface comme les rides et les ondulations du sable.

Îles de la Madeleine. — En 1974 et 1975, nous avons étudié intensivement certains mécanismes qui agissent sur les mouvements de sédiments et sur la morphologie des îles de la Madeleine. L'étude mettait en rapport les vagues et les conditions atmosphériques observées au cours de deux saisons (l'été et l'automne) et les effets observés sur la morphologie de la région et les vitesses de déplacement des sédiments sur les plages et près de la rive. Comme l'étude a été menée sur deux rivages, distants l'un de l'autre de 3 kilomètres, l'un dominant sur l'ouest et l'autre sur l'est, les contrastes sont marqués. La rive ouest était exposée toute l'année à des vents dominants de l'ouest, responsables de vagues à niveaux moyens d'énergie, supérieurs à ceux des vagues du rivage opposé par un facteur de 2,25 en été et par un facteur de 2,95 en hiver. C'est cette différence qui explique le vaste ensemble de changements si accentués dans la morphologie et la stabilité des plages et dans l'enlèvement des sédiments sur la rive ouest, contrairement à la fusion des crêtes et à l'accumulation des sédiments sur les plages de la rive est.

Par le choix des environnements étudiés en détail, l'importance de l'étude débordait l'application immédiate à la gestion des rives des îles de la Madeleine puisqu'elle a permis de créer des modèles de comportement qui peuvent être appliqués à plusieurs autres zones côtières du golfe Saint-Laurent.

Bassin de Minas et baie de Fundy. — Des études ont été entreprises dans ce secteur pour évaluer plusieurs aspects de la dynamique de la sédimentation. Des questions intéressantes nous viennent à l'esprit lorsqu'on pense à ce secteur, par exemple l'effet de l'implantation d'une usine marémotrice sur les processus géologiques dominants. Pour apporter des réponses mêmes partielles à certaines questions, nous avons entrepris des recherches en vue de déterminer la quantité de boues qui se sont accumulées devant la jetée de Windsor depuis sa construction en 1970 et rapprocher ce phénomène des mécanismes d'envasement dans les estuaires touchés par les marées; de déterminer le flux des matières en suspension entre le bassin de Minas et la baie de Fundy; de mesurer la vitesse d'érosion des rives afin d'estimer la vitesse d'apport de nouveaux sédiments; et de déterminer en détail la physiographie et la structure des sédiments afin de connaître leur évolution dans le bassin. Il a fallu créer plusieurs techniques, notamment la télé-détection pour cartographier la distribution de la matière en suspension partout dans le bassin Minas.

Rentabilité de l'exploitation des minéraux et des matériaux d'agrégat sous-marins. — Nous avons entrepris une étude des données existantes sur la valeur économique possible des dépôts de minéraux lourds, de sable et de gravier. L'objectif était de déterminer les types de données nécessaires à l'évaluation des ressources, les secteurs d'études prioritaires et les études écologiques nécessaires en fonction de la rentabilité. Dans l'ensemble, nous croyons qu'il sera plus intéressant d'explorer et d'exploiter les régions côtières qui contiennent des sables et des graviers, à cause de leurs précieuses ressources en matériaux d'agrégat utilisés dans la construction.

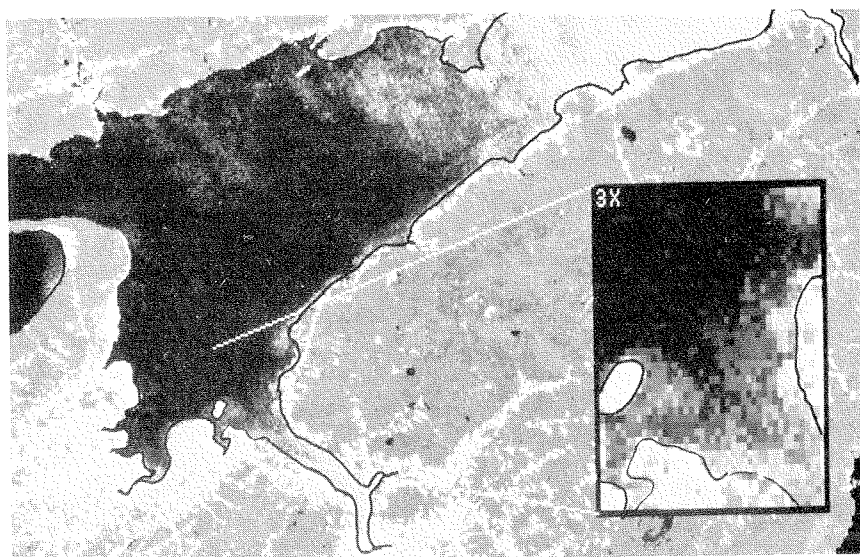
ÉTUDES MULTIDISCIPLINAIRES

Depuis 1973, la Sous-division de la géologie marine a entrepris deux enquêtes multidisciplinaires importantes, sur le terrain et au laboratoire, enquêtes qui demandent le concours de tout le personnel. L'objectif de ces études était d'élargir l'éventail des domaines d'étude dans les systèmes écologiques complexes, afin d'en arriver à une meilleure compréhension des mécanismes physiques, chimiques et biologiques et de leur interaction.

Fin des études dans le détroit de Canso. — Nous avons publié plusieurs rapports scientifiques pour décrire les effets de la transformation du milieu sur les organismes qui peuvent se fossiliser. La construction de la jetée de Canso a eu pour effet direct de confiner les biotopes atlantiques dans les secteurs situés au sud de cette chaussée. Avec le temps, sous l'effet de l'industrialisation de la région du détroit, il s'est produit de profondes transformations parmi les communautés benthoniques viables du secteur. Nous avons établi une échelle de tolérance à la pollution : au sommet de l'échelle, on retrouve les foraminifères, suivis des mollusques; les moins tolérants étaient les ostracodes. En revanche, des populations considérables d'une crevette fouisseuse qui s'enfonce profondément, l'*Axius serratus*, qu'on croyait extrêmement rare, ont été découvertes dans les régions polluées du détroit de Canso.

Amorce des études dans la baie et l'estuaire de Miramichi. — Ces études portent sur l'évolution d'un inlet du type d'une baie large et peu profonde. Un cordon d'îles bien développé et déployé devant l'inlet sépare ce dernier du golfe Saint-Laurent. L'étude vise à déterminer l'étroite relation qui existe entre la croissance et la stabilité d'un cordon d'îles et l'évolution du système estuaire-baie que

celui-ci protège. Nous tiendrons compte, dans l'étude des variations saisonnières, des processus hydrologiques et sédimentologiques. Nous avons commencé à prélever des échantillons et à faire des observations en septembre 1975; nous avons poursuivi les travaux au cours d'une seule campagne d'hiver sur la glace de la baie et de l'estuaire en installant des cabanes d'échantillonnage montées sur patins.



Photographie prise par satellite, révélant une concentration de matières en suspension dans le bassin de Minas (N.-É.).



Activités de soutien

La principale tâche confiée à la Sous-division du soutien consiste à fournir l'appui technique nécessaire aux travaux sur le terrain du CGA et d'assurer l'entretien des installations. En 1975, une année moyenne, le personnel de la Sous-division a consacré presque le cinquième de son temps à des activités sur le terrain. Là comme au laboratoire, il devait entretenir, étalonner et utiliser l'équipement, recueillir, transformer et enregistrer les données et prélever les échantillons géologiques. Parmi d'autres attributions encore, le personnel doit mettre au point des systèmes et un matériel plus perfectionnés dans le but évident d'améliorer les travaux du CGA. Nous allons décrire quelques-unes des réalisations de la Sous-division.

ENTRETIEN ET UTILISATION DES INSTRUMENTS

L'acquisition et la transformation d'un certain nombre de conteneurs standard de 6 mètres en laboratoires mobiles, utilisables en mer et sur le terrain, a facilité beaucoup l'organisation du travail, l'installation de l'équipement et les conditions de travail. En février 1976, une campagne d'échantillonnage de deux semaines a été effectuée sur la glace de la baie de Miramichi (Nouveau-Brunswick), où un laboratoire mobile avait été remorqué par une auto-neige.

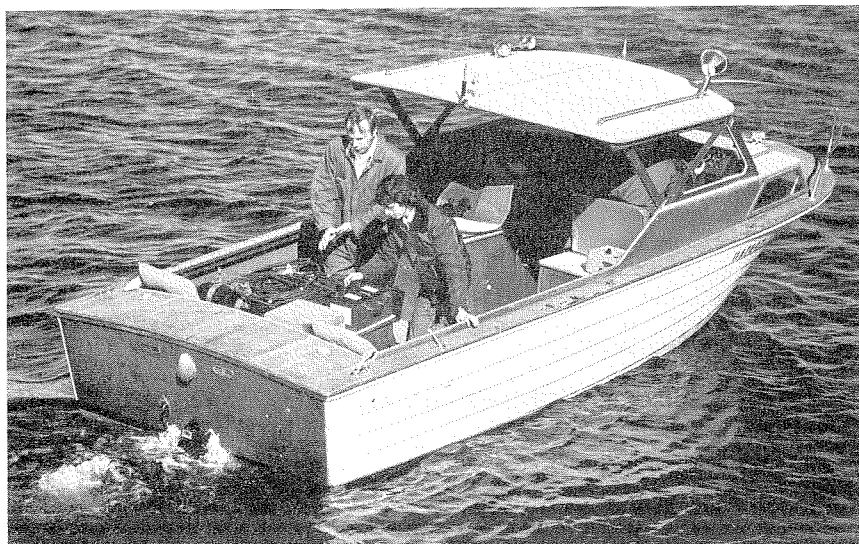
Au cours d'une expédition multidisciplinaire au large du Sénégal sur le CSS *Baffin*, de janvier à avril 1976, des accords ont été conclus avec une entreprise locale pour assurer l'entretien permanent à bord du matériel géophysique; le succès de cette initiative a été tel que le contrat a été renouvelé pour une nouvelle période de quatre mois, soit la durée de l'expédition multidisciplinaire du *Martin Karlsen* à l'été de 1976.

Des travaux menés de concert avec l'Institut allemand d'hydrographie d'Ham-bourg, en R.F.A., ont été exécutés au printemps de 1976. C'est à cette occasion que deux gravimètres marins *Askania GSS-2* du CGA et deux *Askania GSS-3* du IAH ont été étalonnés en fonction de l'échelle de gravité en Europe (2100 milligals) entre Eibsee dans le sud de l'Allemagne et Hammerfest dans le nord de la Norvège, soit sur une gamme de latitudes de 23°. L'objectif était de déterminer la linéarité et la valeur du coefficient d'étalonnage du gravimètre pour une grande étendue de valeurs du champ de gravité, correspondant à un écart géographique important, semblable à celui de la Nouvelle-Ecosse jusqu'au nord de l'archipel Arctique. Cet étalonnage améliorera de façon sensible la qualité des futures données gravimétriques du CGA.

SYSTÈMES DE DONNÉES

Au CGA, une nouvelle méthode de conservation des échantillons géologiques a été préparée et de nouvelles installations ont été aménagées. Les installations,

regroupées dans un édifice distinct, comprennent un entrepôt chauffé à sec de 225 mètres carrés et un entrepôt réfrigéré de 56 mètres carrés. Les plus récents échantillons géologiques du CGA sont maintenant conservés, répertoriés et échantillonnés dans de bonnes conditions, et les données qu'ils fournissent sont introduites dans un système de stockage des données. La majeure partie des relevés d'expédition de 1963 à 1971 et des données non chiffrées a été microfilmée et les documents originaux ont été transférés aux Archives publiques du Canada



Embarcation effectuant des relevés le long des côtes. (LOA 4106)

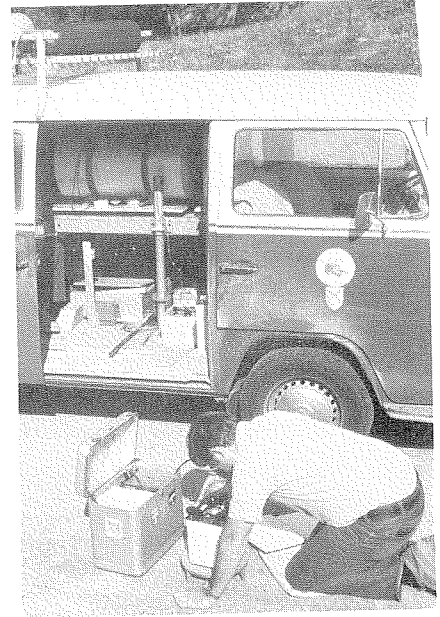
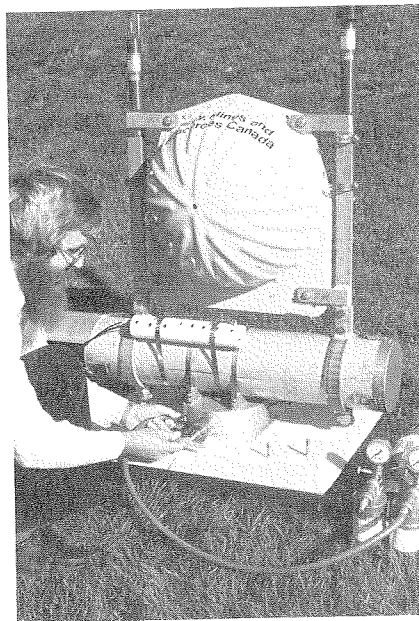


Installations de conservation des échantillons géologiques du CGA. (LOA 4167)

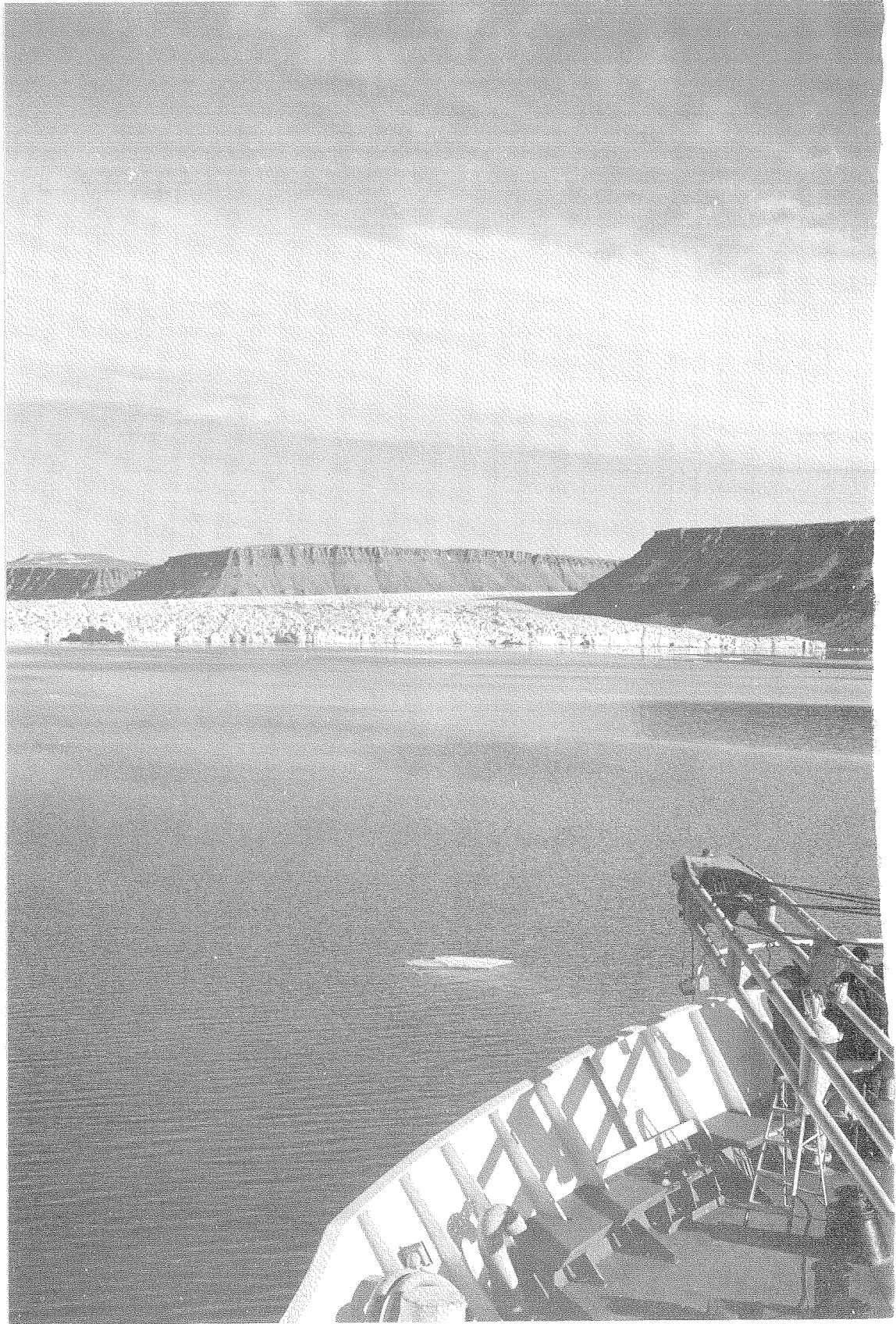
à Dartmouth pour y être conservés en permanence. Il y a plus d'espace pour les données plus récentes et pour l'entreposage permanent. Au cours de 1976, nous nous sommes appliqués à préparer un nouveau système de stockage et de récupération des données géophysiques, qui doit remplacer notre système actuel, le GEOFILE, vieux de 10 ans.

MISE AU POINT DE DISPOSITIFS

Pour améliorer le rendement d'un appareil de réflexion sismique à air comprimé, nous avons mis au point un bloc de commande de gain temporisé, un nouvel amplificateur sismique et un bloc de commande à vitesse variable de l'entraînement du papier graphique en fonction de la vitesse du bateau. Le traitement des données provenant du sonar à balayage latéral a été accéléré par la mise en place d'installations d'enregistrement sur bande pour la reprise et l'affichage des données au moyen d'un enregistreur à fibres optiques. Une autre réalisation importante a été l'examen des séismomètres de fonds marins disponibles. Deux autres séismomètres de ce type sont actuellement assemblés à partir de plans obtenus à l'université Cambridge.



Préparation d'un séismomètre de fonds marins (à gauche) et étalonnage de gravimètres marins suivant l'échelle de gravité européenne (à droite).



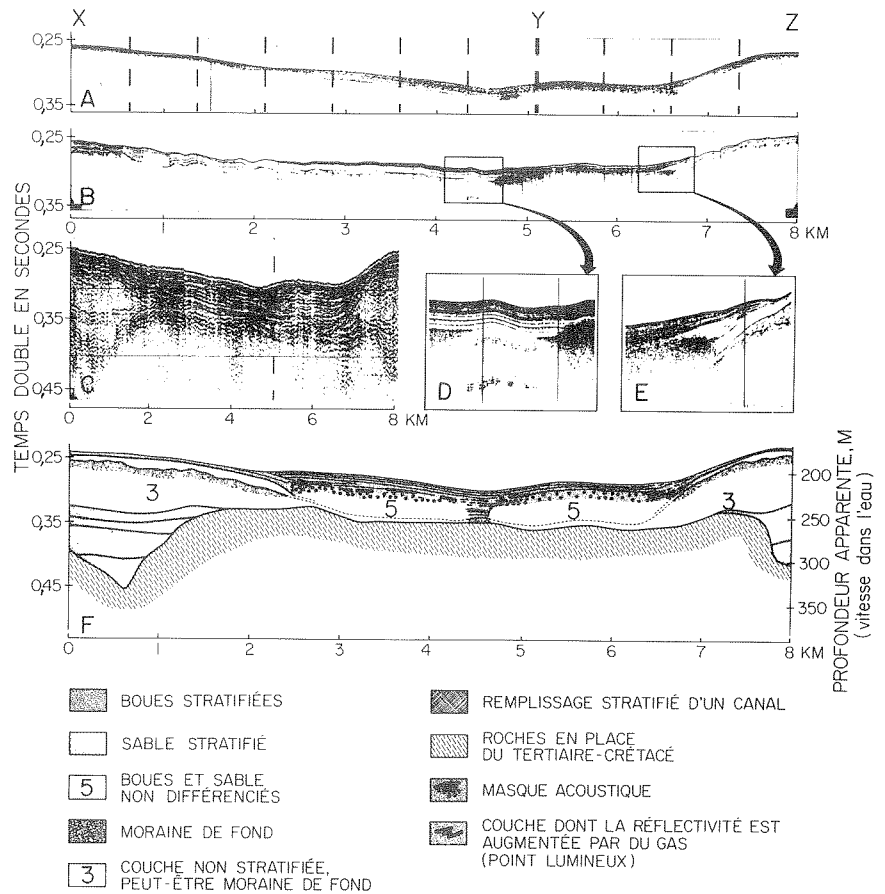
Reconnaissance régionale

Le programme de la Reconnaissance régionale a été préparé dans le cadre des grands objectifs de la recherche géodynamique en fonction de l'évolution des marges et des plateaux continentaux et des bassins océaniques adjacents de l'Atlantique et de l'est de l'Arctique. Dans le troisième rapport du Sous-comité de la géodynamique canadienne, on a résumé cette recherche en disant qu'elle consistait à déterminer l'évolution volcanique, sédimentaire et métamorphique, des relations temps-espace et des implications géotechniques des zones appalachienne et inuitienne et de leurs bassins océaniques adjacents.

Quatre grands secteurs d'activité sont regroupés à l'intérieur de ce programme : la géologie de surface et l'évolution géologique du Quaternaire récent, la cartographie systématique de la roche en place, les relevés géophysiques systématiques et les études des bassins océaniques et des marges continentales. Dans chaque cas, il faut obtenir les données sur le terrain et regrouper les données par région, tout en créant et en perfectionnant de nouvelles techniques d'analyse de la structure et de l'évolution géologique de cette importante région du Canada continental. Nous décrivons maintenant, par secteur d'activité, nos principales réalisations.

GÉOLOGIE DE SURFACE ET ÉVOLUTION DU QUATERNAIRE RÉCENT

La plus importante réalisation au cours des deux dernières années a sans doute été la mise au point d'un système de réflexion séismique *deep two* (DTS) à grande définition, en collaboration avec Hunttec ('70) Ltd. dont le siège social est à Toronto. Le système compte parmi ses grandes caractéristiques un transducteur électro-acoustique dont la bande est très étendue (0-10 kilohertz) et dont le niveau et le spectre d'impulsion à la sortie ont un excellent rapport de reproduction, indépendamment de la profondeur de remorquage. À cause de la définition remarquable de l'appareil, mieux que 0,25 mètre, et à cause de la fidélité de la source sonore, il est possible de se servir des signatures acoustiques données par les réflexions sur le fond et en profondeur pour classifier les types de sédiments à partir d'un bateau. Il n'est pas possible encore d'effectuer ces sondages de façon courante, mais l'expérience a été une réussite remarquable, qui a ouvert des avenues importantes pour l'étude des mécanismes et de la dynamique sédimentaires. En 1975, le DTS de Hunttec a été utilisé au cours de quatre expéditions importantes du CSS *Hudson* sur le plateau de Scotian, sur les Grands bancs de Terre-Neuve, dans le Golfe Saint-Laurent et au large du secteur sud-est de l'île Baffin. Dans tous les cas, l'appareil a permis d'enregistrer de nouvelles données sur la nature des sédiments superficiels. En 1976, nous avons entrepris des études sur le terrain dans les régions situées au large de l'Arctique et dans le secteur nord du plateau du Labrador avec l'appareil que nous avons modifié à partir de notre expérience de l'année précédente et en commençant d'appliquer un nouveau système d'enregistrement en direct des données, sous forme numérique.



Représentation combinée. (LOA 3821)

Les données sismiques obtenues avec le DTS de Hunttec ont été combinées avec succès à celles d'un sonar à balayage latéral, à des données bathymétriques et à des données sismiques classiques pour obtenir une représentation synthétique de l'étude des Grands bancs. La figure suivante donne une représentation combinée (F) à partir d'un échogramme (A), et des relevés sismiques d'un DTS (B) et d'un sondeur à air comprimé (C). Les sections (D) et (E) sont des portions agrandies du relevé du DTS (B); ces schémas illustrent la qualité des détails stratigraphiques que peut fournir le système Hunttec.

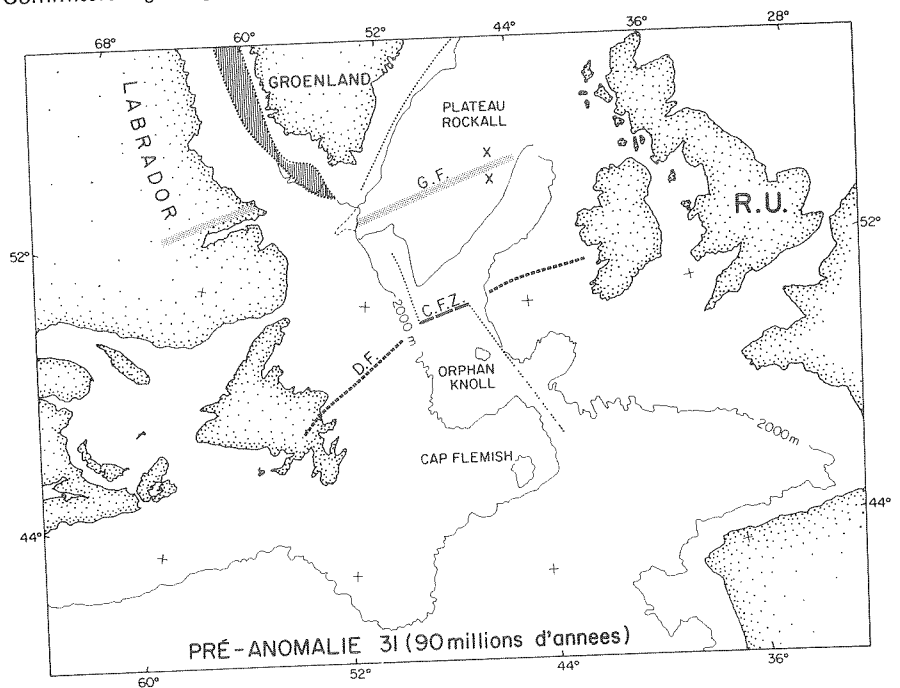
Au cours des travaux qui ont préparé l'étude du plateau du Labrador, nous nous sommes penchés sur l'évolution géologique récente de la mer du Labrador afin d'approfondir notre connaissance de l'évolution glaciaire de cette région du globe et d'évaluer l'importance des glaciations dans la formation des bancs sur le plateau du Labrador. Nous étudions le banc Saglek (le banc situé le plus au nord sur le plateau du Labrador) pour le comparer au banc Hamilton (plus au sud) dont l'étude a été complétée en 1974. Des données bathymétriques ainsi que des données du sous-sol ont pu être obtenues sur le banc Saglek dans une des phases

d'application du programme de relevés à paramètres multiples effectués au moyen d'un système de sondage Raytheon (3,5 kilohertz) installé sur une coque. D'autres lignes séismiques de reconnaissance, à grande définition, ont été obtenues au cours de 1977.

CARTOGRAPHIE SYSTÉMATIQUE DE LA ROCHE EN PLACE

Le programme de cartographie de la roche en place a bénéficié beaucoup de l'emploi de l'instrument de cartographie de précision DTS de Huntec. La pénétration obtenue par le système est suffisante dans presque toutes les régions sous-marines pour définir la surface de la roche en place; mais, dans certains secteurs, on peut obtenir une pénétration importante de la roche en place et souvent les plans de stratification sont clairement distingués. La précision avec laquelle on peut maintenant cartographier la surface de la roche en place en eau peu profonde ouvre un nouveau champ de possibilités d'échantillonnage direct de ces couches, avec la foreuse électrique pour carottage de roches mise au point à l'Institut (voir à la section Métrologie, LOA).

Trois régions du large ont fait l'objet d'une attention spéciale au cours des deux dernières années. Sur les Grands bancs, nous avons concentré les travaux dans la région centrale depuis la presqu'île d'Avalon jusqu'au cap Flemish. Il reste des travaux complémentaires à accomplir dans ce secteur comme aussi sur la traîne des bancs pour achever la cartographie de la plus grande partie des bancs. En collaboration avec la Division de la géologie économique et régionale de la Commission géologique du Canada, nous avons terminé les cartes temporaires



Reconstitution de l'Atlantique Nord. (LOA 4154)

du nord-est du golfe Saint-Laurent et de la région située au nord-est de Terre-Neuve. La cartographie de la roche en place et la fin de la cartographie géophysique du secteur nord-est de Terre-Neuve ont été regroupées en un seul travail pour permettre de suivre la direction des couches géologiques du secteur nord-est de Terre-Neuve jusqu'au large et en travers de la marge continentale. Nous avons commencé d'étudier la troisième zone de cartographie de la roche en place, au large de la pointe sud-est de l'île Baffin, au cours d'une expédition du *Hudson* dans l'Arctique en 1974. Les premières tentatives d'échantillonnage de la roche en place avec la foreuse électrique de l'Institut ont donné de piètres résultats dans l'ensemble, mais l'emploi du DTS de Huntec en 1975 pour contrôler le choix des emplacements et l'amélioration des résultats obtenus ont suffi pour nous convaincre de poursuivre les travaux dans cette importante région du Proche-Arctique. L'expérience de 1975 a été faite durant une campagne géophysique dans la mer du Labrador et dans le détroit de Davis, et nous comptons terminer la cartographie du plateau continental de l'île Baffin vers le sud jusqu'au cap Dyer et effectuer quelques autres travaux en 1976 et 1977. La première tranche de ce projet a été exécutée au cours de l'expédition du *Hudson* dans l'Arctique en 1976.

RELEVÉS GÉOPHYSIQUES SYSTÉMATIQUES

La principale fonction de ce service est d'effectuer des relevés au large, en fonction de plusieurs paramètres, en collaboration avec la Division de l'hydrographie, LOA. Il s'agit d'un travail permanent dont l'objectif est d'obtenir la couverture hydrographique et géophysique du plateau et des marges continentales de l'est du Canada, en fonction de normes déterminées par les deux ministères fédéraux intéressés (Énergie, Mines et Ressources et Environnement). Les données sont portées sur des cartes de la série des ressources naturelles, publiées par le Service hydrographique du Canada. Les données géophysiques servent aussi aux interprétations géologiques régionales.

Au cours des deux dernières années, les travaux ont surtout porté sur la couverture régionale de toute la mer du Labrador et sur certains détails du plateau du Labrador nécessaires pour des travaux hydrographiques. Une fois la couverture régionale effectuée, toutes les données géophysiques disponibles ont été compilées et ont servi à la préparation d'un nouveau modèle de la formation de la mer du Labrador et de la baie Baffin. Il est important de connaître l'évolution primitive de ces bassins océaniques pour reconstruire avec exactitude l'évolution de tout l'Atlantique Nord. Les nouvelles informations ont permis d'ajouter d'autres contraintes aux mouvements relatifs des trois plus importantes plaques continentales : l'Amérique du Nord, le Groenland et l'Europe.

Les données géophysiques obtenues dans le golfe Saint-Laurent et sur les Grands bancs ont été réunies pour permettre de prolonger les principaux axes géologiques des provinces Atlantiques jusqu'au large. En collaboration avec l'université française de Rennes, nous avons étudié la signification de ces axes à Terre-Neuve et sur les Grands bancs et nous avons établi des corrélations à travers l'Atlantique jusqu'en Espagne, ce qui nous permet de mieux vérifier l'évolution antérieure de cette partie de l'océan Atlantique.

Un nouvel élément important a été ajouté en 1976 à notre programme; en effet l'Agence canadienne de développement international a financé un programme au

large des côtes du Sénégal et de la Gambie. Cette recherche comprenait notre participation aux travaux géophysiques en collaboration avec le personnel du Service hydrographique du Canada, Région centrale. Des cartes au millionième de la gravité à l'air libre et des anomalies magnétiques ont été préparées, et des données sismiques obtenues avec les appareils à air comprimé et le système de remorquage en profondeur de Hunttec ont été incluses dans le rapport sur la géologie de la région située au large de ce secteur.

ÉTUDES DES BASSINS ET DES MARGES OCÉANIQUES

Dans ce domaine, soit les études qui portent surtout sur les structures en profondeur de l'écorce terrestre de la marge séparant le continent de l'océan, notre principale source d'information provient des études sismiques. Des mesures gravimétriques et magnétiques permettent de déterminer les changements de structure de part et d'autre des frontières importantes, par exemple la transition de l'océan au continent, les mesures sismiques servant au contrôle.

Nous effectuons des mesures sismiques de l'écorce terrestre depuis plusieurs années, mais ces mesures ont une portée limitée parce qu'elles sont obtenues à partir d'un matériel déployé sur la surface de la mer afin de recevoir des signaux sismiques réfractés dans les couches supérieures du sol. Au cours des deux dernières années, nous avons amélioré notre capacité de travail en acquérant un certain nombre de séismomètres de fond océanique. Ces instruments nous permettront de déterminer la distance jusqu'au bassin sédimentaire profond sur les marges continentales canadiennes, les changements dans la structure de l'écorce terrestre de part et d'autre des marges et les variations réduites dans les couches profondes de l'écorce, avec infiniment plus de précision.

Durant le programme d'acquisition et d'évaluation des séismomètres de fond océanique, nous avons participé à deux importants relevés d'emplacement dans l'Atlantique Nord, dans le cadre du programme international de forage océanique. Les relevés devaient permettre de définir la structure de l'écorce terrestre dans les secteurs proposés pour les forages en profondeur par le *Glomar Challenger*. Pour les relevés, dans le cadre du programme de forage, nous avons utilisé des séismomètres de fond océanique fabriqués par l'Observatoire géologique Lamont-Doherty de New York. Les deux premiers séismomètres achetés par le CGA, de l'université d'Hawaii, ont été utilisés au cours d'une expédition menée conjointement avec la Direction de la physique du globe du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, au large de la côte ouest du Canada; en plus des données de réfraction obtenues durant l'expérience, les appareils ont enregistré un nombre important de tremblements de terre.

Les études de la marge est des Grands bancs et du bassin contigu de Terre-Neuve ont été complétées avec la courte expédition du *Martin Karlsen* en 1976. Ces travaux comprenaient des études de la pétrologie des dômes de Terre-Neuve et l'interprétation des données magnétiques du bassin de Terre-Neuve. Nous voulions établir une relation entre l'origine du bassin de Terre-Neuve et à la fois l'évolution antérieure de l'océan Atlantique et la formation de la marge est du Grand banc.

Les données sismiques obtenues en 1976 à travers la marge continentale de l'île Baffin montrent que la transition d'une structure continentale à une structure océanique se produit sur une très courte distance, à peu près 30 kilomètres. Les mesures de réfraction définissent un bassin sédimentaire profond sur la marge

du plateau continental au large de la partie nord de l'île Baffin et montrent que le détroit Lancaster est rempli d'environ 10 kilomètres de sédiments du Secondaire ou du Paléozoïque. D'autres données géophysiques des marges est et ouest de la baie Baffin ont été obtenues pendant l'expédition dans l'Arctique du CSS *Hudson* en 1976 (voir section F, Principales expéditions de 1975-1976).

Les études des marges continentales n'ont pas toujours permis de définir facilement la transition des structures continentales aux structures océaniques. Ces lacunes nous ont conduits à perfectionner nos techniques de mesure afin d'obtenir des données sur la nature véritable des roches de l'écorce sous les marges continentales et ont renouvelé notre intérêt en ce qui touche les études comparatives des différentes marges continentales dans le monde.



Installation d'un séismomètre de fond marin. (LOA 4095)

SECTION D

**Ressources
de l'Institut (RI)**

**Sciences océaniques
et aquatiques, Atlantique**

**Ministère de
l'Environnement, 1975-1976**

Directeur — R.L.G. Gilbert

Division des navires
Division des services d'ingénierie
Services informatiques
Bibliothèque
Dessins et illustrations
Photographie

Notes du directeur

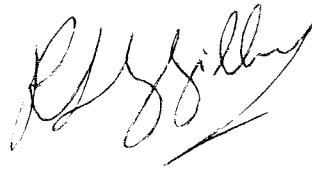
Au XVII^e siècle, l'homme de science travaillait presque en ermite. De nos jours, l'océanographe ou l'ingénieur hydrographe est assisté d'une équipe de spécialistes. La collecte des données de base exige en général un navire. Le navire utilisé aujourd'hui pour les recherches et les relevés constitue un ensemble très perfectionné, dont l'équipage est composé de spécialistes et pouvant s'acquitter de missions diverses, même dans des conditions météorologiques difficiles. Les instruments servant à la collecte des données et au relèvement du navire doivent être utilisés et entretenus par des spécialistes; il en est de même des ordinateurs utilisés pour le traitement des données, tant en mer que sur terre. Les résultats des recherches, si l'on veut qu'ils soient clairement présentés, doivent être préparés avec l'aide de rédacteurs, de dessinateurs et de photographes. Enfin, la bibliothèque, lieu de dépôt du savoir humain, est si complexe de nos jours que le bibliothécaire d'il y a 50 ans s'y sentirait perdu.

À l'Institut océanographique de Bedford, tous ces services sont rendus aux usagers par un organisme central, nommé Ressources de l'Institut, car nous croyons que c'est la meilleure façon d'assurer un soutien technique efficace à la recherche océanographique. Les six Divisions de ce Service (Navires, Services d'ingénierie, Services informatiques, Bibliothèque, Dessin et illustrations et Photographie) contribuent à la plupart des travaux effectués par l'Institut et sont d'un grand secours à certains organismes de l'extérieur. Notre activité première est restée la même pendant la période de deux ans couverte par le présent rapport. La nature du travail n'a pas varié dans la plupart des cas. Toutefois, il faut dire que le gros de nos efforts a été consacré à l'amélioration constante des installations et des services auxiliaires à la recherche. Pendant l'hiver de 1975, nous avons reconstruit le pont du CSS *Hudson* pour le doter d'un centre de navigation, qui permet pour la première fois à l'officier de quart de bien voir les opérations qui se déroulent à bord du navire et qui réduit la tension chez ceux qui y travaillent. Nous avons modifié les ordinateurs embarqués, de manière que les trois principaux navires soient pourvus de systèmes à peu près identiques et très perfectionnés. Les équipements conçus et fabriqués pour hausser la qualité des données recueillies en mer vont de l'échantillonneur, qui permet au scientifique de prélever des échantillons d'eau dans des zones «intéressantes», jusqu'au maréomètre, qui transmet les données aux navires et aux vedettes océanographiques dans le secteur. Les préposés à la bibliothèque ont fait de la recherche opérationnelle dans plus d'une douzaine de bases de données scientifiques accessibles aux scientifiques de l'IOB. En 1976, nous avons mis en oeuvre un programme de \$18 millions consacré à l'expansion du campus de l'Institut. Le personnel des Ressources de l'Institut a participé aux négociations qui ont porté sur la conception et la construction des nouveaux bâtiments et sur la restauration des installations existantes, que nous voulons conformes aux plus hautes normes de construction et d'exploitation. Un autre fait marquant, cette année-là, a été le

choix de la bibliothèque de l'IOB comme principale bibliothèque d'océanographie au Canada. Un bibliothécaire a d'ailleurs été engagé récemment pour veiller aux destinées de la collection nationale.

Dans le présent rapport, pour la première fois, nous avons souligné les principaux aspects de l'activité du Service des Ressources de l'Institut au moyen de photographies. Nous espérons que les pages qui suivent vous permettront d'apprécier notre champ d'activité et notre contribution aux programmes de recherche scientifique décrits dans d'autres chapitres du document.

*Le Directeur
Ressources de l'Institut*



R.L.G. Gilbert

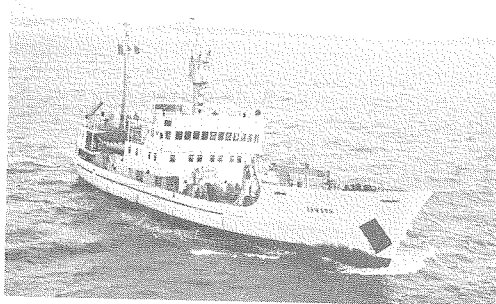
Navires



Pour effectuer ses recherches, l'Institut océanographique de Bedford exploite une flotte permanente de quatre navires (ci-contre) ainsi qu'un certain nombre de vedettes et de bateaux affrétés.



Le CSS *Hudson*, construit en 1963, d'une longueur de 90,4 mètres et d'un déplacement de 4793 tonnes, est surtout utilisé pour la recherche océanographique multidisciplinaire de l'Arctique aux tropiques. Blindé contre la glace, il peut porter 62 membres d'équipage et jusqu'à 25 scientifiques. Son autonomie est de 24 000 kilomètres ou de 60 jours et sa vitesse de croisière est de 13,5 noeuds.

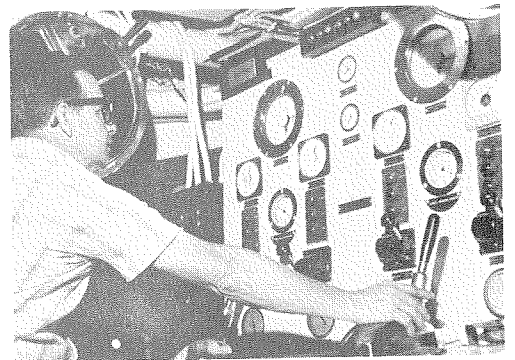
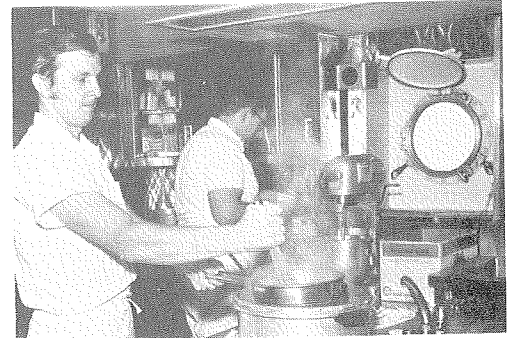
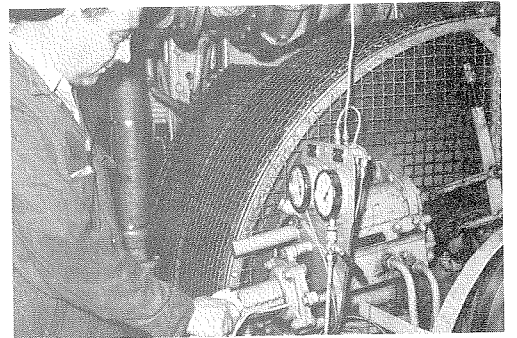
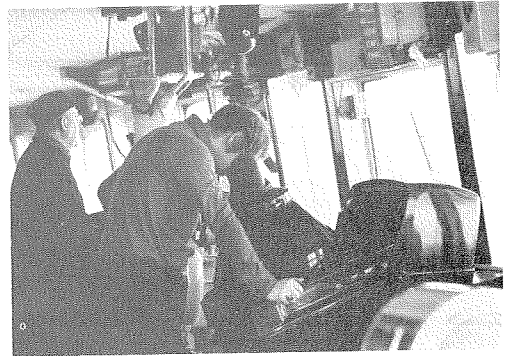
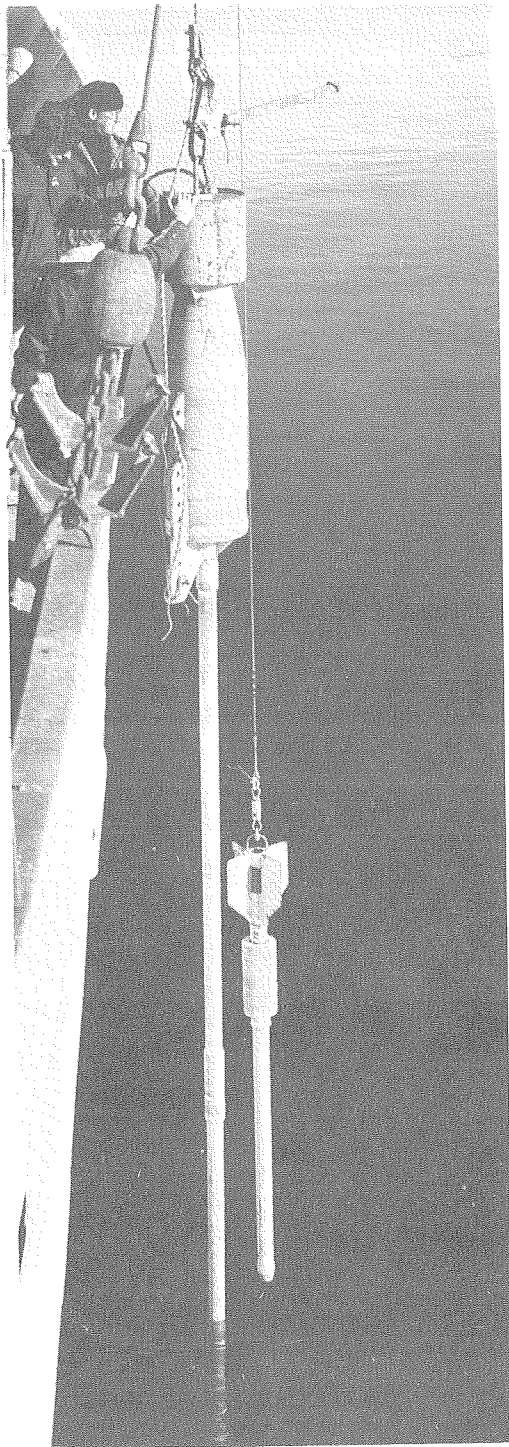


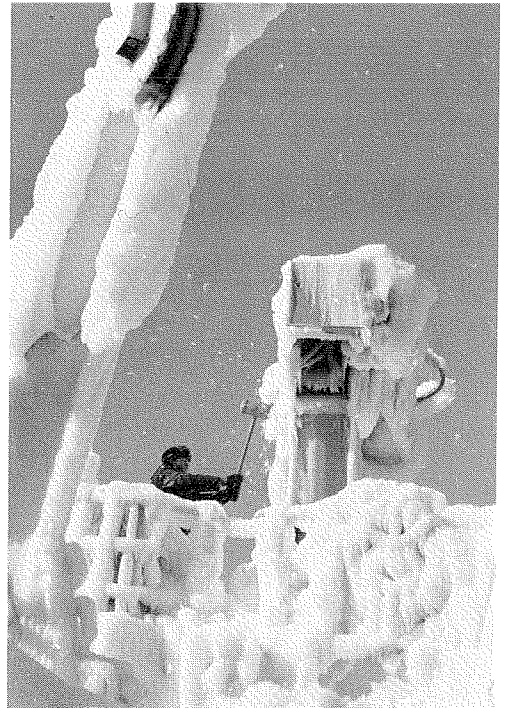
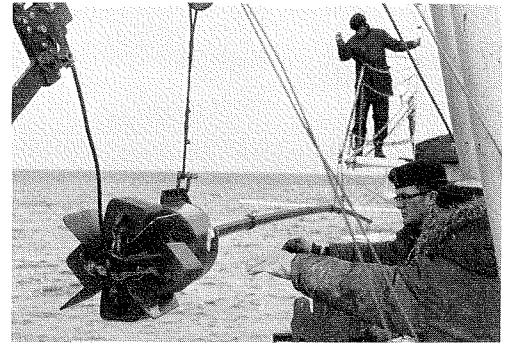
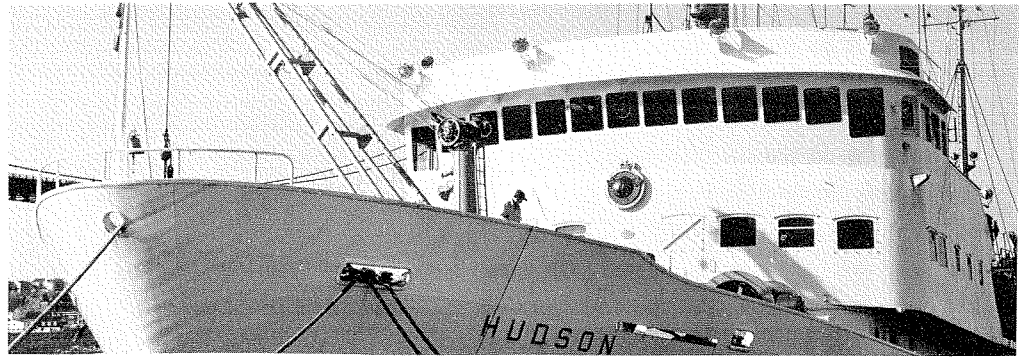
Le CSS *Baffin*, construit en 1956, d'une longueur de 87,02 mètres et d'un déplacement de 4420 tonnes est utilisé pour les travaux de cartographie hydrographique et la recherche géophysique au large et pour les études dans les eaux côtières et arctiques. Il est également blindé contre la glace et peut transporter 77 membres d'équipage et 28 scientifiques. Son autonomie est de 22 400 kilomètres ou 45 jours et sa vitesse de croisière est de 13 noeuds.

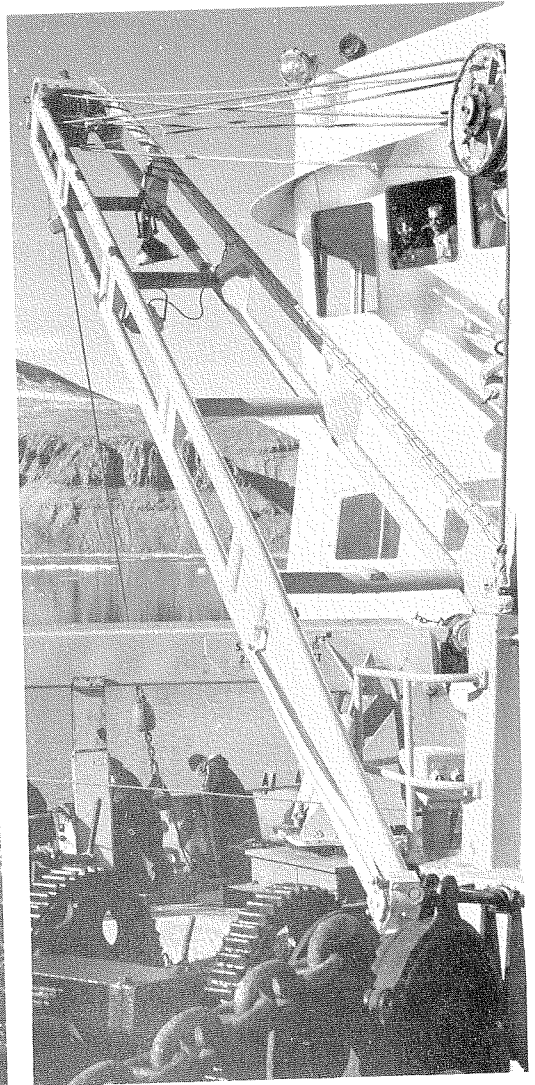
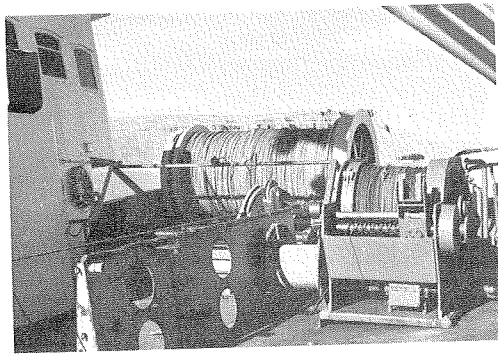


Le CSS *Dawson*, construit en 1967, d'une longueur de 54,54 mètres, d'un déplacement de 1975 tonnes et d'une vitesse de croisière de 13 noeuds, sert pour les études océanographiques dans les eaux côtières et en mer. Comme l'*Hudson*, ce navire est équipé d'une hélice de poue et d'hélices à pas variable en poue. Il est bien adapté au mouillage d'instruments et à leur récupération.

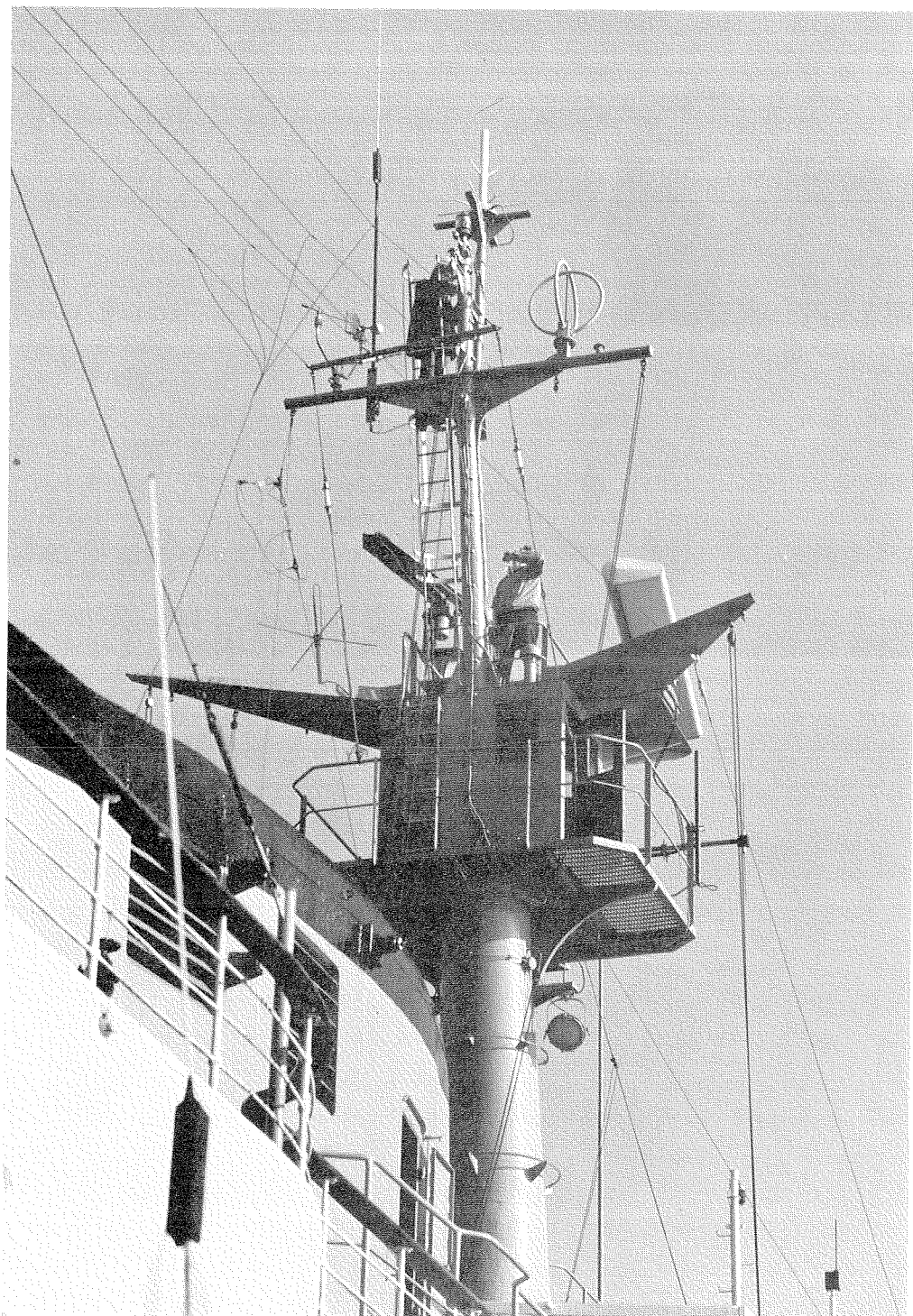
Le CSS *Maxwell*, construit en 1961, d'une longueur de 30,5 mètres, d'un déplacement de 275 tonnes et d'une vitesse de croisière de 10 noeuds, sert surtout pour les travaux de cartographie hydrographique le long du littoral atlantique.

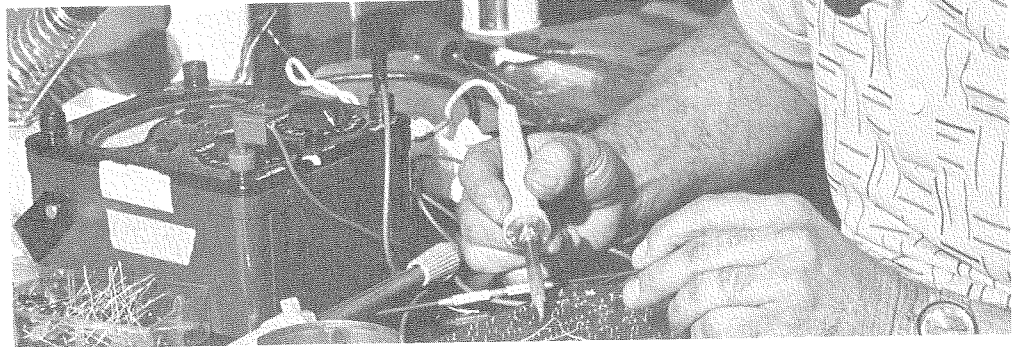
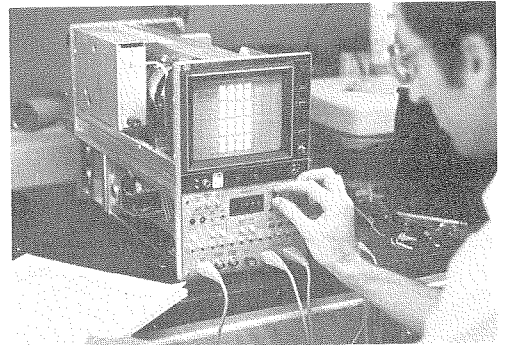
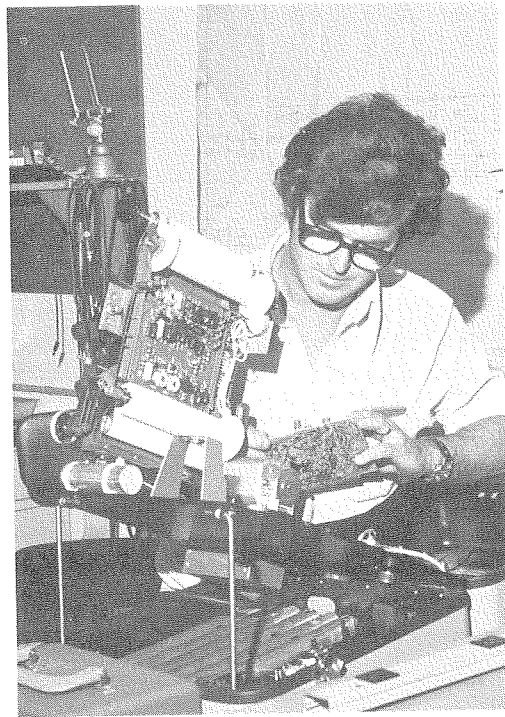


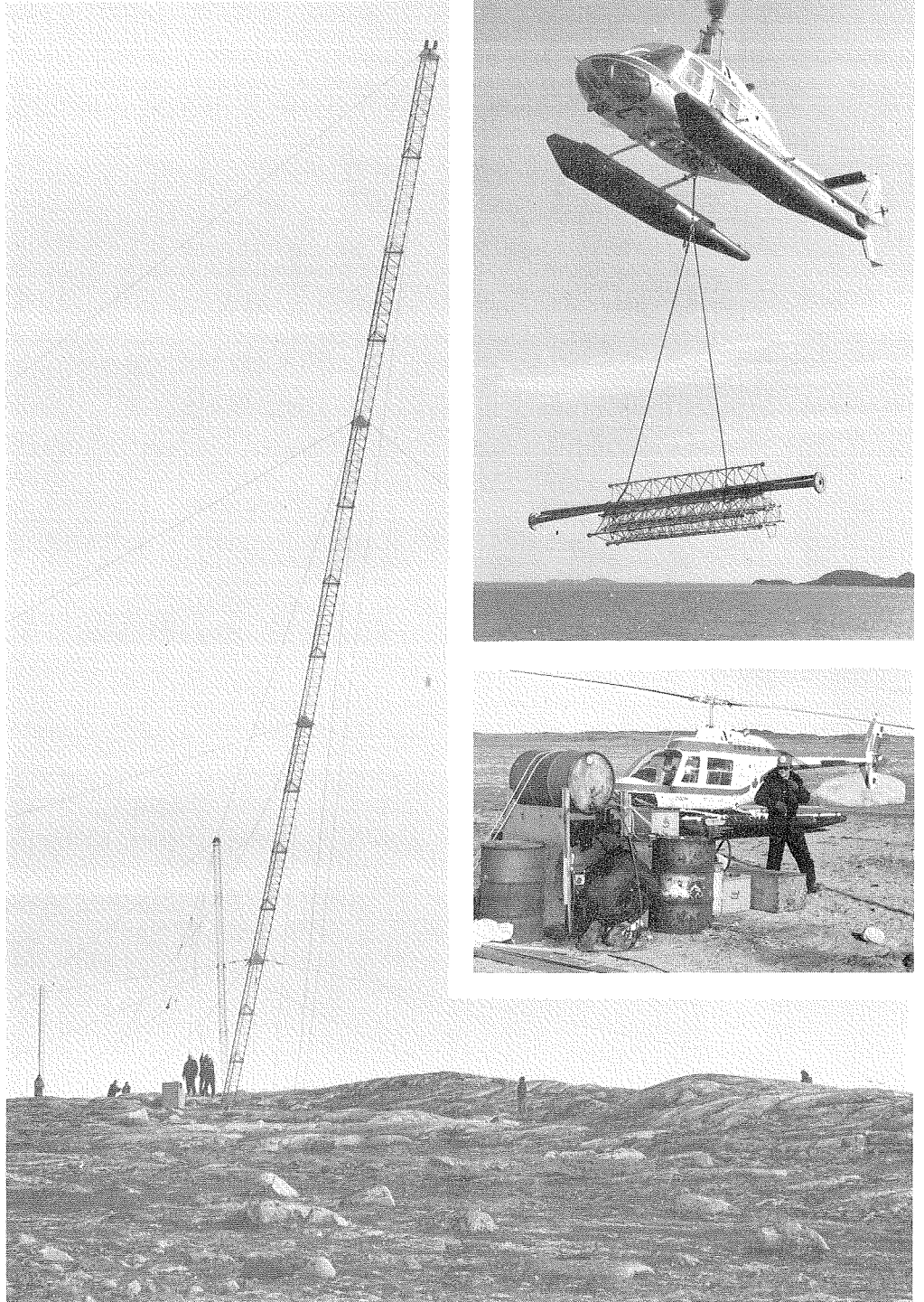


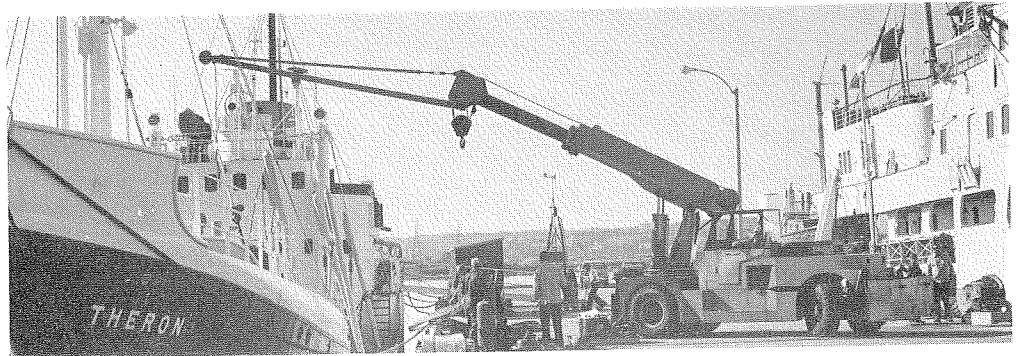
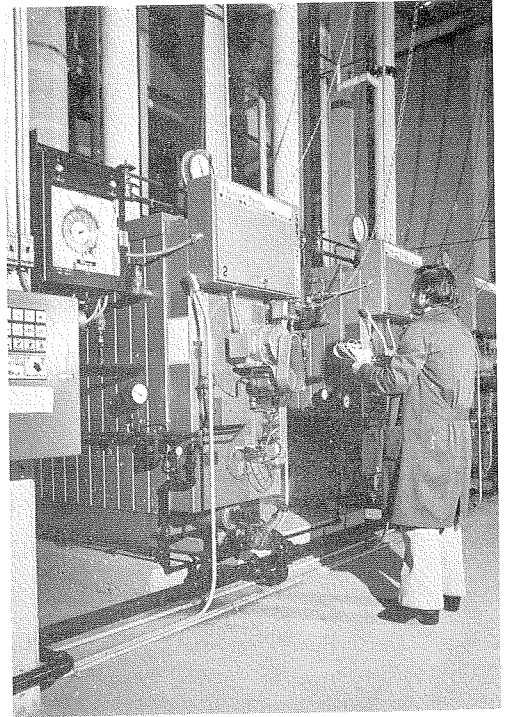
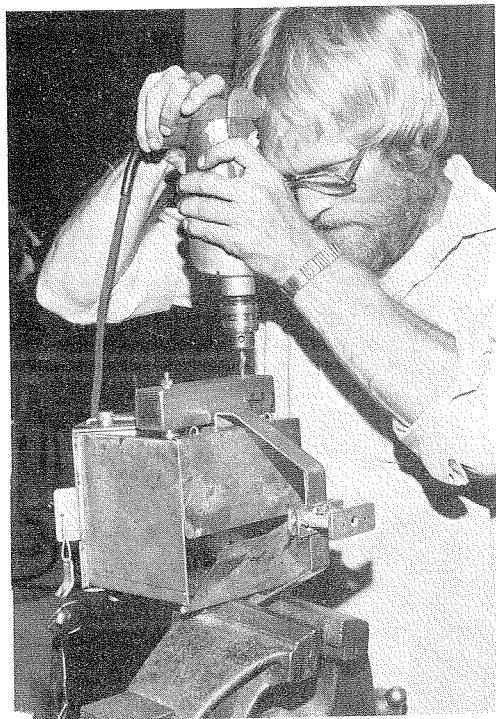
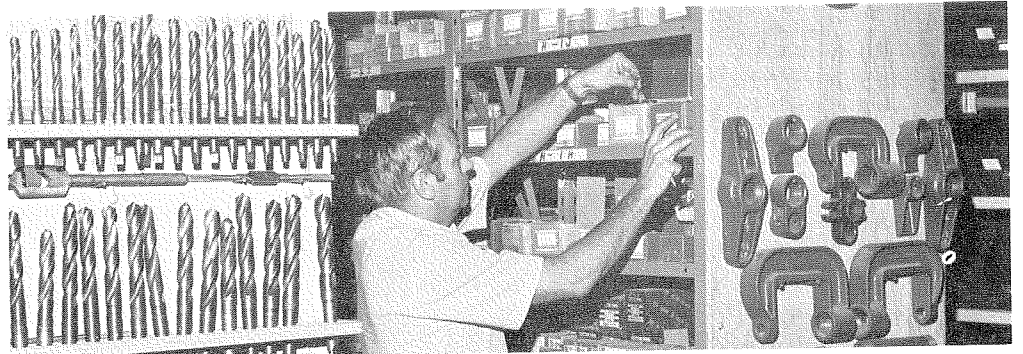


Services d'ingénierie



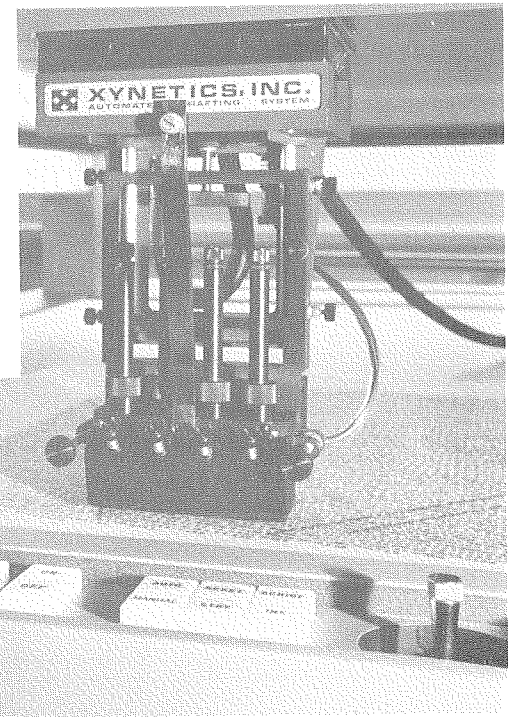
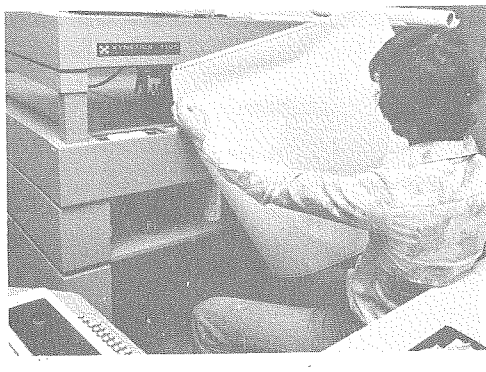
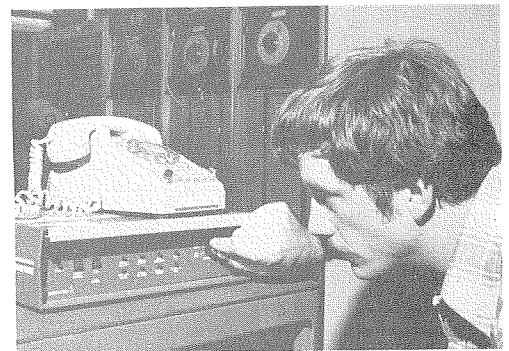
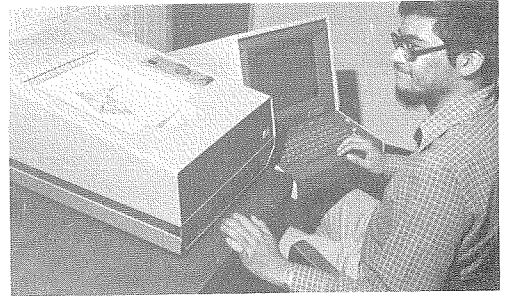




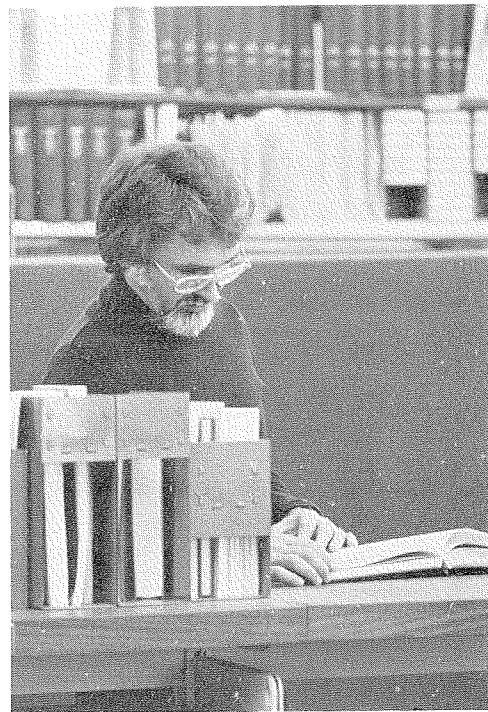
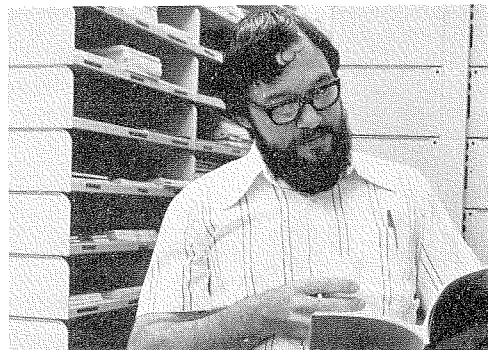


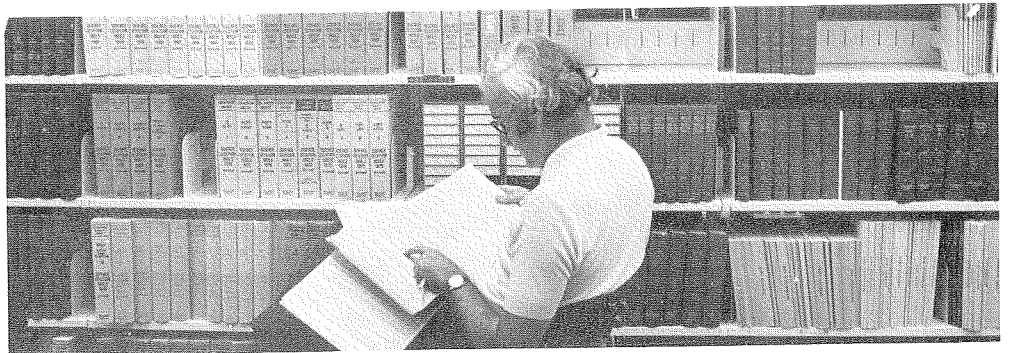
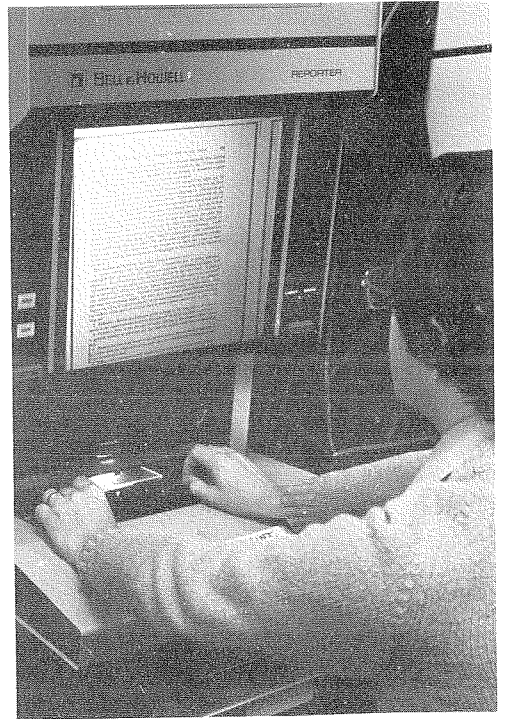
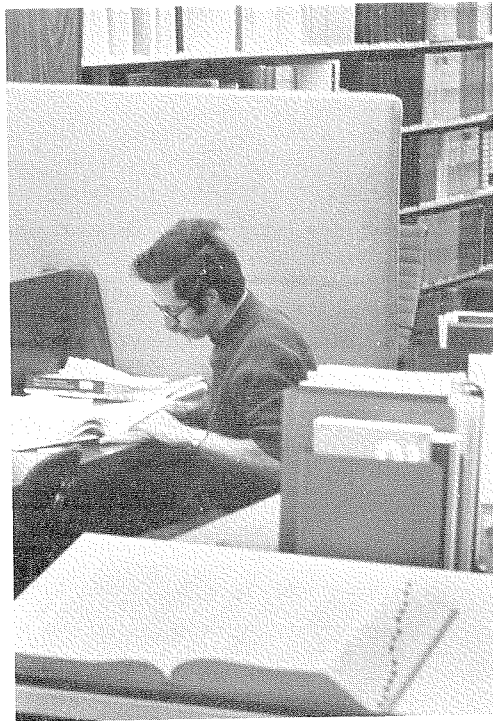
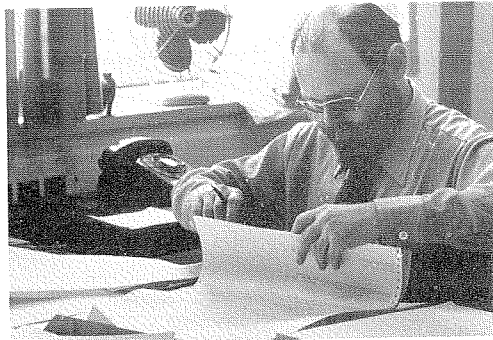
Services informatiques



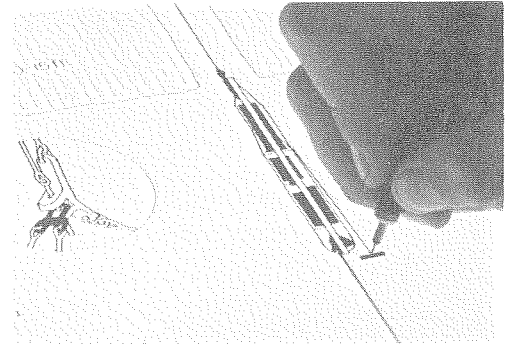
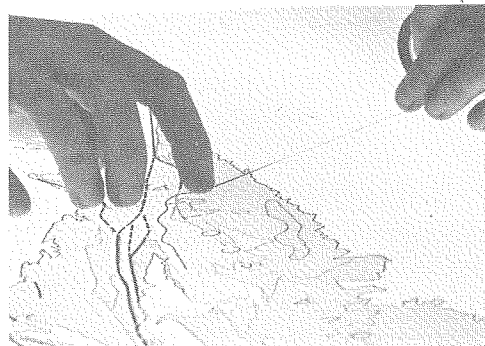
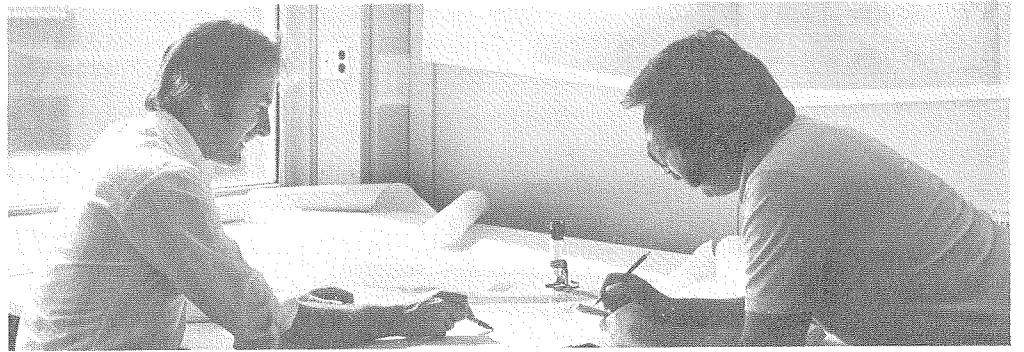
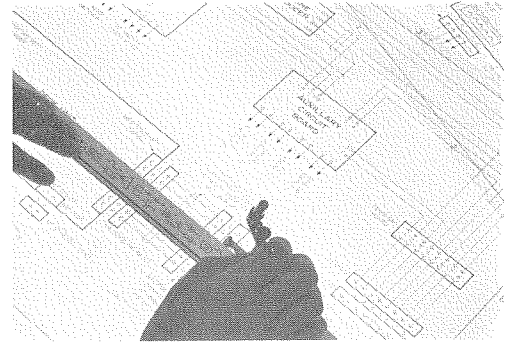
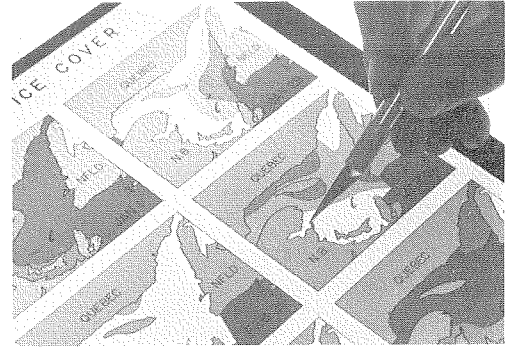


Bibliothèque

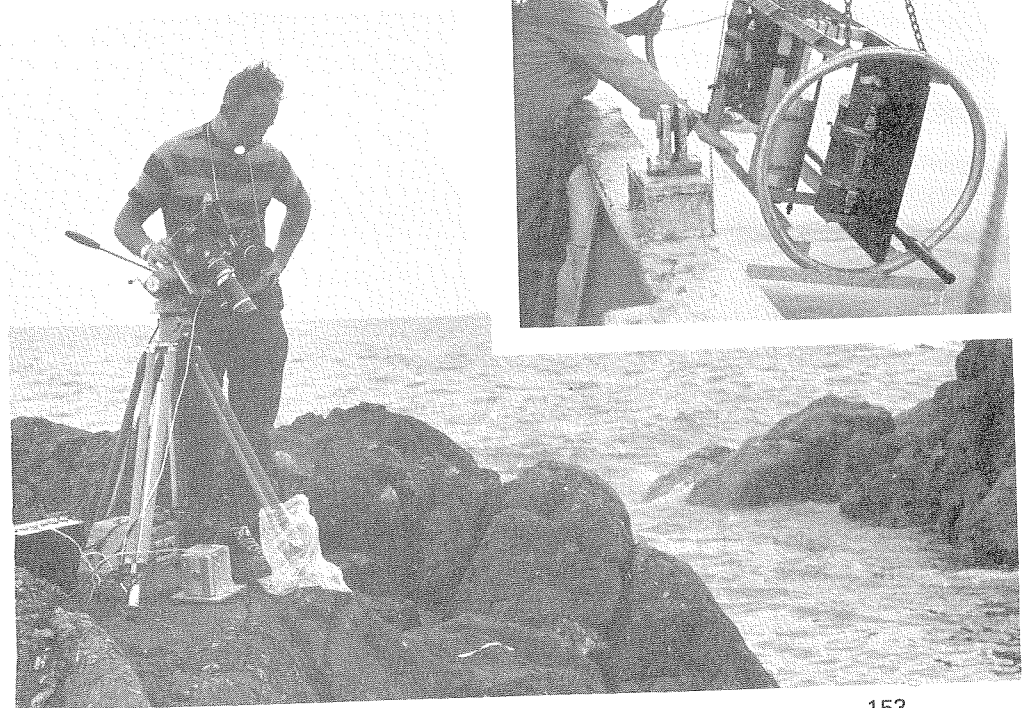
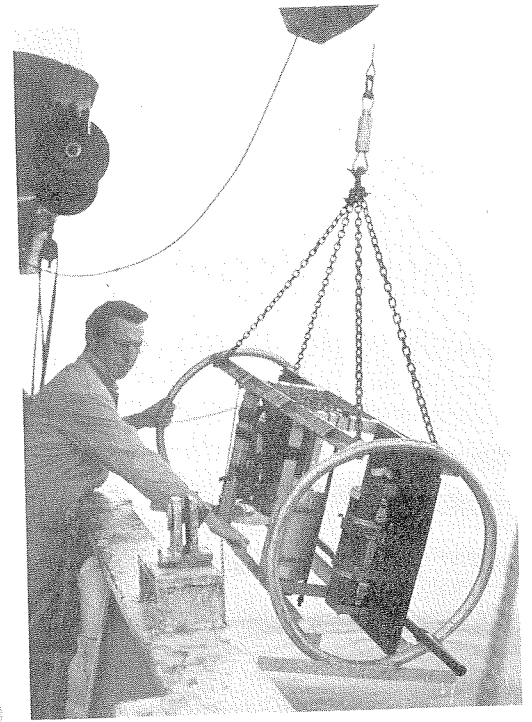
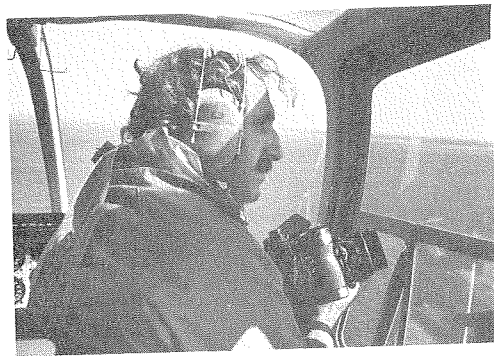
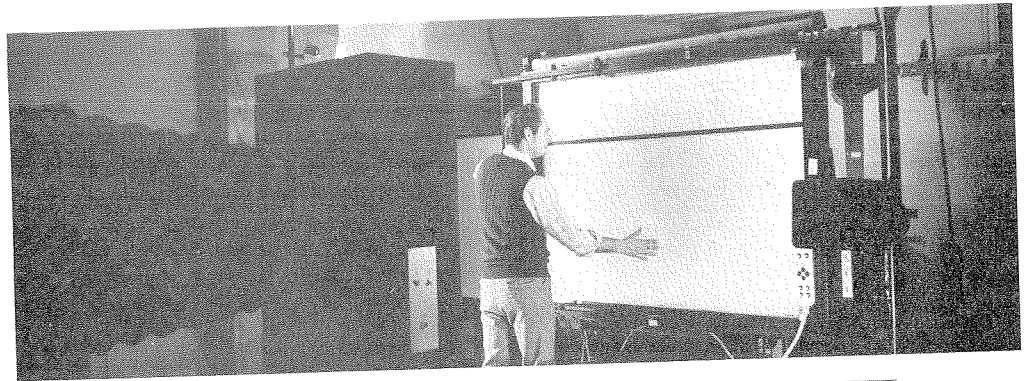


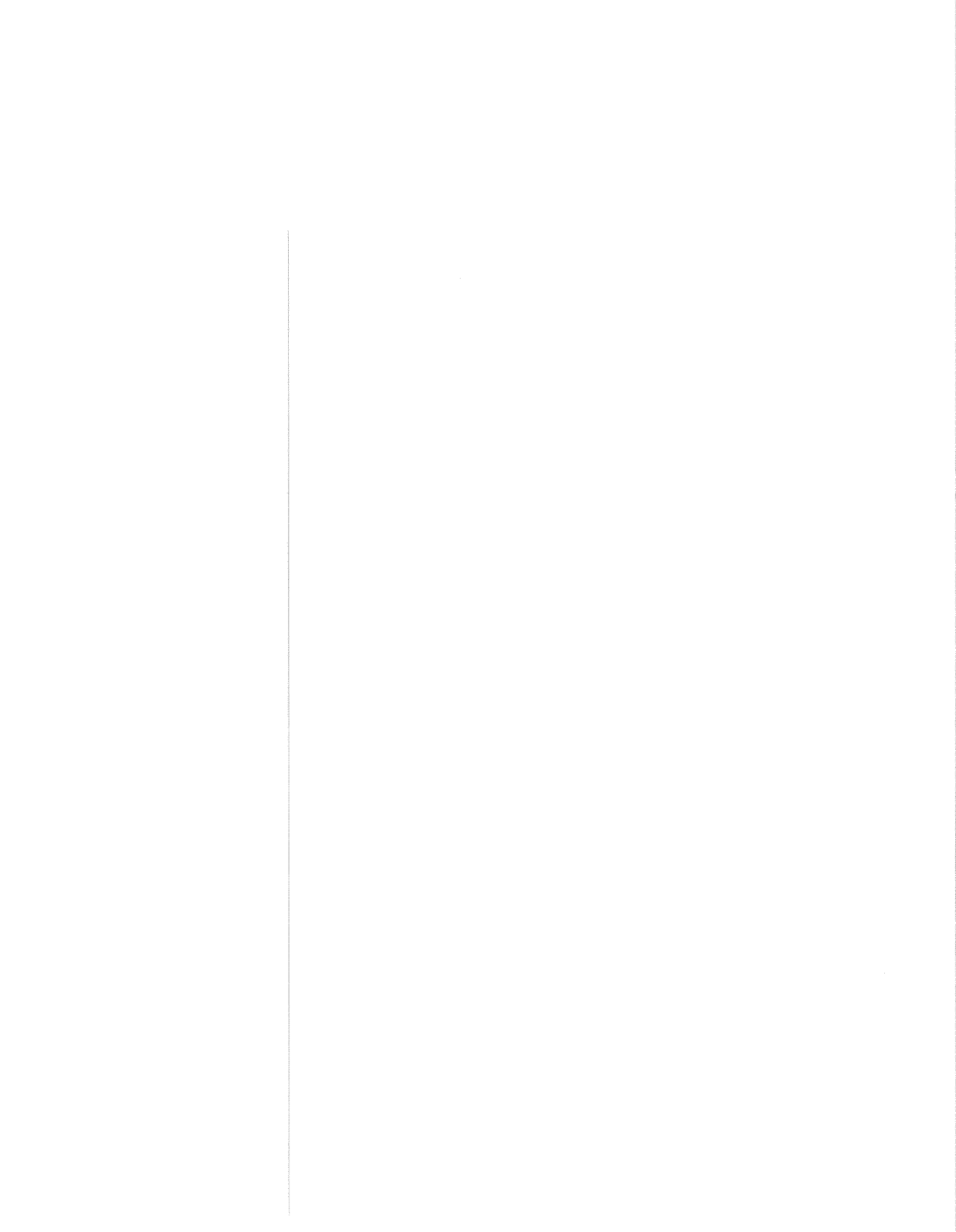


Dessins et illustrations



Photographie





SECTIONÉ

**Sciences
océaniques, 1975-1976**

Les vagues de l'océan

F.W. Dobson (Laboratoire océanographique de l'Atlantique)

POURQUOI ÉTUDIER LES VAGUES?

Dès le premier bateau, l'homme fut amené à étudier les vagues. Il peut paraître étonnant qu'il n'ait pas encore exploré à fond ce phénomène. La connaissance des effets des vagues sur les vaisseaux et sur le rivage et la prévision des vagues à partir de la météorologie locale reposent sur une longue tradition, mais l'hydrodynamique est une science relativement jeune. Elle a pris naissance avec Newton, au XVII^e siècle, et malheureusement les progrès ont été lents à venir. Au cours du XIX^e siècle, la physique des oscillations à la surface de l'eau a fait l'objet de recherches assez poussées de la part d'hommes aussi éminents que Green, Airy, Thomson (Lord Kelvin), Stokes, Helmholtz, etc. Mais une fois leur tâche accomplie, tout le monde a cru que la question avait été vidée et qu'il restait seulement des «détails» à régler. Or, l'étude de ces «détails» a été plus difficile qu'on ne l'avait prévu, et aujourd'hui les théoriciens, tout comme les expérimentateurs, conçoivent et utilisent de nouveaux outils dans l'espoir de résoudre quelques-uns des problèmes urgents qui ne sont pas encore résolus.

La force destructrice des vagues de tempête est connue. Il serait d'un grand secours de pouvoir les prévoir, ne serait-ce que quelques jours à l'avance — mais nous n'en sommes pas là. La construction navale a évolué au cours des siècles et pourtant il y a toujours des bateaux qui coulent comme en fait foi la photographie de la page suivante. On aperçoit à l'arrière-plan le paquebot *Leonardo da Vinci* (33 400 tonneaux, 205 mètres de long) et plus près un cargo en détresse, *l'Ambassador*, au cours d'une tempête sur l'Atlantique, en février 1964. Une distance égale à la longueur du *Leonardo* sépare les deux navires, qui se trouvent sur les crêtes successives d'une vague. Il est difficile d'évaluer la hauteur de cette vague, mais d'après mon expérience elle devait avoir entre 10 et 15 mètres de hauteur — ce qui n'est pas rare pendant une tempête dans l'Atlantique. Des trente-cinq hommes qui naviguaient sur *l'Ambassador*, dix-huit seulement furent rescapés. Le *Leonardo* était là, mais impuissant! Impossible de mettre une embarcation à l'eau. Deux canots pneumatiques chargés de marins dérivèrent à côté de lui, pour ensuite disparaître dans l'obscurité. Le capitaine de *l'Ambassador*, dernier à quitter le bord, mourut avant d'être hissé sur un navire de sauvetage, le USCGS *Coos Bay*.

Si l'on comprenait et si l'on pouvait prévoir le mouvement des vagues, il serait possible de prévenir les catastrophes en proposant les routes les plus sûres pour les navires, de prévoir la dispersion des polluants marins, de planifier les opérations de plongée, les déplacements d'ouvrages maritimes importants comme les plates-formes de forage, ainsi que les opérations de chargement et de déchargement dans les ports. Les concepteurs de navires et autres constructions flottantes, d'installations portuaires et de systèmes de protection côtière tireraient un grand avantage de meilleures connaissances sur la pression exercée par les vagues, et de meilleures données statistiques à long terme.

L'étude des vagues répond aussi à des besoins moins tangibles. Une meilleure compréhension du processus par lequel les vagues océaniques naissent, croissent, se propagent et se dissipent, permet de saisir le rôle important des vagues dans les phénomènes météorologiques et océanographiques. Ainsi, les météorologues doivent connaître l'influence qu'exerce la surface de la mer sur les vents qui soufflent au-dessus; autrement, les modèles de prévision du temps ne peuvent tenir compte des vents qui soufflent dans les couches inférieures. L'interaction des vagues et de l'air modifie la façon dont la chaleur et la vapeur d'eau passent de l'eau dans l'air, puis de l'atmosphère dans l'eau. Les vagues jouent également un rôle important, encore que peu connu, dans le brassage de la couche supérieure de l'océan qui constitue un vaste réservoir de chaleur pour l'atmosphère.



Naufrage de l'*Ambassador* en février 1964. À proximité, le paquebot italien *Leonardo da Vinci*, témoin impuissant. (Document du ministère de la Défense nationale, photographie de R. Bélanger).

Les vagues, en déferlant, projettent des embruns vers le haut et des bulles d'air vers le bas. Les embruns s'évaporent et se transforment en source de vapeur d'eau et en noyaux de condensation de nuages; les bulles se dissolvent et saturant la surface des eaux d'oxygène vivifiant. Les vagues augmentent beaucoup la surface de la mer exposée à l'échange air-eau de chaleur, de vapeur d'eau et de divers gaz atmosphériques (en particulier l'oxygène et l'anhydride carbonique).

L'étude des vagues et des phénomènes liés à leur action est difficile. Rares sont les milieux où les instruments et les expérimentateurs sont soumis à des épreuves aussi rudes qu'à la surface de l'océan. Les vagues elles-mêmes constituent le principal obstacle. Pour étudier la circulation d'air à la surface de l'eau, des détecteurs doivent être mis en place, mais personne — bien que quelques-uns aient tenté de le faire — n'a encore réussi à mesurer, à une hauteur donnée, des particularités propres à la circulation d'air sous le sommet de la plus haute vague prévue. Il faut pourtant savoir quelle est la circulation d'air sous-jacente pour compren-

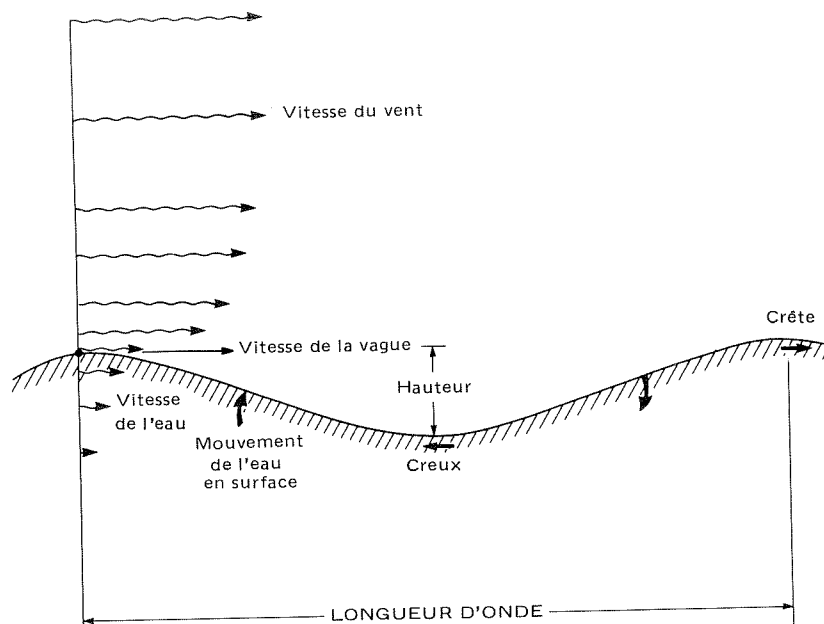
dre la production et la croissance des vagues de vent. La plupart des océanographes travaillent dans l'eau salée, très dommageable aux appareils électroniques. Alors, il a fallu élaborer toute une technique pour isoler les appareils électroniques du milieu ambiant, sans entraver le fonctionnement des sondes.

Sous l'eau, les vagues engendrent d'importants courants oscillatoires qui masquent si complètement les échanges (échanges verticaux de chaleur, de gaz, mouvements horizontaux, etc.) que personne n'a encore pu mesurer ceux-ci de façon satisfaisante, en présence des vagues, malgré l'intérêt du phénomène. Les courants engendrés par les vagues et les vagues elles-mêmes nuisent à l'océanographe qui tente de mesurer les courants en eaux profondes. Ce n'est que tout récemment que les bouées de surface servant à amarrer les courantomètres suspendus entre la surface de l'eau et le fond de l'océan ont fait place à un système constitué de flotteurs immergés sous la surface de l'eau et d'une ancre munie d'un dispositif de déclenchement acoustique. Jusqu'à la mise au point de ce système, le déplacement des bouées en surface faisait bouger les courantomètres, créant un bruit de fond dû à des courants de *self-induction*, ce qui rendait souvent impossible l'interprétation des enregistrements.

À PROPOS DES VAGUES

À des fins pratiques, l'eau est incompressible. Elle peut céder un peu, de la même manière qu'un acier très résistant. Il peut paraître inutile de parler de la faible compressibilité d'un fluide qui contourne si bien les objets, mais c'est précisément l'incompressibilité de l'eau, liée à sa forte densité (un mètre cube pèse une tonne métrique) qui produit sa force destructrice. Un jour, un coup de vent de 80 noeuds a soulevé le laboratoire océanographique CNAV, le *Whitethroat*, où je me trouvais. Un paquet de mer avait frappé la cloison avant, soit la première surface verticale à l'arrière de la proue. C'était comme si un géant avait asséné un formidable coup de masse sur la cloison. Personne n'entendit le mugissement de l'eau; seulement un fracas assourdissant! Tous ceux qui se trouvaient sur le pont du laboratoire, somnolents ou affligés du mal de mer, se levèrent et descendirent rapidement. Je montai l'escalier jusqu'au pont pour constater que la vague avait tout démoli, sauf ce qui était boulonné et fait d'acier solide. Rien ne vaut l'expérience pour éprouver la validité d'une théorie!

En mer, plusieurs trains de vagues (ride, vague de tempête et houle) sont présents en même temps et circulent dans des directions différentes. L'air et l'eau près de la surface sont d'ordinaire très turbulents, explosant par rafales à des vitesses et dans des directions très variables. Dans l'air, il y a une forte circulation moyenne dans une direction à laquelle se superposent les rafales; dans l'eau, il n'y a qu'une circulation moyenne très faible. Le schéma de la page suivante représente une vague simplifiée ainsi que les variations moyennes possibles, suivant la hauteur et l'amplitude, des circulations d'eau et d'air environnants. L'air et la vague se déplacent vers la droite. La vitesse moyenne de l'air et de l'eau varie avec la hauteur, à peu près comme le montre le schéma. Il est clair que la variation d'amplitude se produit très près de la surface de l'eau. La circulation d'air suit la surface de l'eau, d'où un mouvement «ondulatoire»; toutefois, l'ondulation s'amortit rapidement avec la hauteur, et disparaît dans la zone de turbulence à des hauteurs supérieures au quart de la longueur d'onde. Les mouvements ondulatoires de l'eau se superposent à la turbulence. Les particules fluides se déplacent avec la vague dans un mouvement orbital et n'avancent que très lentement par rapport à la vague même. Le mouvement orbital disparaît à la pro-



Vague théorique. (LOA 4114)

fondeur d'une longueur d'onde environ. Ce mouvement orbital des particules d'eau sous-jacent aux mouvements longs et forts de la houle présente un grave danger pour les plongeurs. Je ne connais pas de façon plus désagréable d'attraper le mal de mer que de plonger avec bouteilles et détendeur dans une forte lame de fond! Dans le schéma, les petites flèches juste sous la surface de l'eau montrent comment l'eau circule au passage de la vague : dans le sens de la vague, sur les crêtes; à l'inverse, dans les creux; vers le haut, à l'avant des crêtes, et vers le bas à l'avant des creux. La célérité de la vague est précisément la vitesse à laquelle se propage la perturbation, dont le déplacement est beaucoup plus rapide que celui des particules d'eau. Il faut signaler qu'il y a une couche d'air juste au niveau de l'eau, où le vent se déplace moins rapidement que la vague. Ainsi, un observateur se déplaçant avec la vague ferait face à un vent soufflant en sens contraire des vagues à cet endroit.

Il y a un rapport étroit entre la vitesse des vagues et leur longueur. Les ondulations longues se déplacent rapidement; celles dont les périodes sont de 15 secondes ont une longueur d'onde de 351 mètres et se déplacent à 23,4 mètres à la seconde (45,5 noeuds). À mesure que la longueur d'onde décroît, la vitesse de la vague diminue pour atteindre un minimum de 0,23 mètre à la seconde (0,5 noeud) à une longueur d'onde de 1,7 centimètre. À des longueurs d'onde plus faibles, la vitesse s'accroît de nouveau, mais de façon plus graduelle, de sorte que les vagues dites capillaires qui se produisent au moment de risées et dont les longueurs d'onde ont environ 1 millimètre, se déplacent à des vitesses d'environ

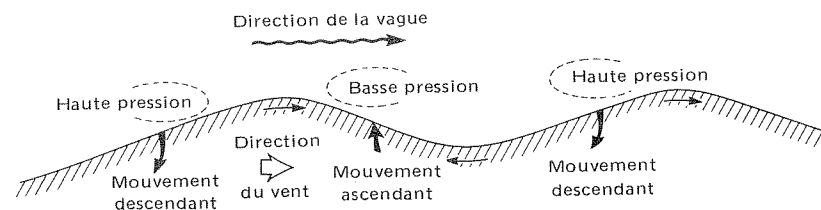
N.D.É. La longueur d'onde est la distance horizontale entre deux crêtes successives. La hauteur de l'onde est la distance verticale qui sépare la crête et le creux. L'amplitude est la distance entre la crête et le niveau de l'eau au repos.

0,7 mètre à la seconde (1,25 noeud). Les vagues de faible longueur sont dites capillaires en raison de la tension superficielle qui contribue à rétablir l'équilibre de l'eau à la suite d'une perturbation; et les vagues plus longues, où l'équilibre est rétabli par gravité, sont appelées ondes de gravité. Les vagues les plus grandes et les plus longues sont celles dont l'intumescence se propage le plus lentement parce qu'elles se déplacent plus rapidement par rapport au vent. Une mer houleuse n'atteint pas son «plein» tant que les vagues dominantes ne se déplacent pas à la vitesse du vent. Les vagues moins rapides, plus courtes, atteignent rapidement la hauteur où elles commencent à se briser, pour se maintenir ensuite au «point d'équilibre». Si quelqu'un pouvait réussir à surveiller, grâce à un instrument, la grosseur des vagues d'une longueur donnée lorsqu'elles s'éloignent de la plage, poussées par le vent qui souffle vers le large (l'expérience a déjà été tentée) il pourrait voir que les vagues croissent lentement au début, à peu près en proportion de leur distance de la rive. À un certain point, elles atteignent une taille où elles commencent à réagir à l'air qui circule au-dessus d'elles. A ce point, le rythme de croissance est fonction de leur importance et leur croissance est exponentielle. Lorsqu'elles commencent à déferler, leur croissance ralentit et elles atteignent à la fin une hauteur d'équilibre inférieure de 10 p. cent à la hauteur maximale déjà atteinte. Le phénomène qui fait basculer les vagues sous l'effet de la pesanteur n'est pas très bien défini, mais le déferlement se produit toujours en présence de vagues d'une très grande amplitude, qui peuvent causer beaucoup d'ennuis aux pêcheurs, comme aux plaisanciers. Ce phénomène est très important pour la croissance des vagues : en effet, les vagues déferlantes, trop grosses, sont instables et transfèrent une partie de leur surplus d'énergie à des vagues quelque peu différentes, d'une longueur d'onde généralement supérieure. Un phénomène intéressant se dégage de l'interaction des vagues plus longues sur les vagues qu'elles génèrent. Tout comme deux sons de fréquences presque identiques produisent un battement, les vagues dont la longueur d'onde est presque identique agissent l'une sur l'autre en formant des groupes de grosses vagues, entrecoupés de périodes relativement calmes. Les groupes, clairement perçus dans les enregistrements de vagues, sont à l'origine de cette croyance des marins que la septième vague est «la grosse». Ce peut être la cinquième ou la neuvième vague, mais la septième vague est une moyenne assez réaliste. Le marin ne manquera pas de dire que ce fait est bien connu et qu'il n'était pas besoin d'entreprendre toutes ces recherches pour arriver théoriquement à une telle conclusion; en un sens, il a bien raison, mais on dispose maintenant d'une explication écrite que tous peuvent comprendre et utiliser comme point de départ.

QU'EST-CE QUI PROVOQUE LA FORMATION DES VAGUES?

Pour le marin, la réponse est claire : le vent. Si l'on élargit la question pour demander comment elles naissent, on englobe presque tous les secteurs de la recherche fondamentale sur l'interaction de l'atmosphère et de la mer. Jusqu'ici, la «réponse» a été trouvée trois fois : par H. Helmholtz et Lord Kelvin entre 1868 et 1871, Sir Harold Jeffreys en 1925 et O.M. Phillips et John Miles en 1957. Les théories de Helmholtz-Kelvin et de Jeffreys se sont révélées inexactes, sauf pour des cas exceptionnels qui sortent du cadre des vitesses normales des vagues et du vent en mer. Depuis 1957, la théorie Phillips-Miles a été prouvée, réfutée, puis prouvée de nouveau un certain nombre de fois. Pour apprécier les dernières conclusions, il est nécessaire de comprendre quelques-uns des mécanismes physiques qui *peuvent* engendrer les vagues et les faire grossir.

Les théoriciens ont cru pendant bien des années que les pressions aérodynamiques liées à la circulation d'air à la surface de l'eau étaient à l'origine de la génération des vagues. Si l'air qui circule sur les vagues exerce une pression qui se répartit sur les vagues et voyage avec elles (voir schéma), produisant des zones de basse pression à l'avant des crêtes et des zones de haute pression à l'avant des creux (c'est-à-dire que la pression est basse quand l'eau s'élève à l'avant des crêtes et qu'elle est élevée quand l'eau retombe à l'avant des creux), alors ces pressions contribuent à la croissance des vagues, et la vitesse à laquelle le mécanisme joue est simplement fonction du produit de la pression et de la rapidité du mouvement vertical de l'eau par rapport à la longueur d'onde.



Action de la pression atmosphérique sur la vague. (LOA 4114)

La première hypothèse, formulée par Sir Harold Jeffreys en 1925, voulait que l'air soufflant sur une zone de vagues à courte crête se dissocie du côté plongeant de la vague, à peu près de la même façon que le vent qui souffle sur le sommet d'une dune de sable. Il y aurait donc une zone de turbulence dans laquelle la pression serait inférieure à la moyenne du côté de la crête de la vague sous le vent, en même temps qu'une zone correspondante de haute pression du côté au vent. Le lecteur averti a déjà perçu la difficulté. Lorsqu'il s'agit de grosses vagues en mer, la vitesse de la vague est presque égale à celle du vent qui souffle à une certaine hauteur au-dessus d'elle, mais la vitesse du vent décroît rapidement à proximité de la surface de la mer, de sorte que l'air qui frappe les grosses vagues rapides circule plus lentement qu'elles, et que la dissociation n'est pas possible. On est maintenant d'avis que la dissociation ne peut se produire qu'au-dessus de vagues très courtes, abruptes, de vitesse réduite, ou au-dessus de vagues se déplaçant contre le vent, comme c'est certainement le cas au-dessus des vagues déferlantes quand le vent souffle vers le large.

Les rides qui se forment à la surface de l'eau dès que le vent souffle sont le résultat de l'état d'instabilité de l'air très près de l'eau. La dynamique de la circulation d'air au-dessus de l'eau est toujours dominée par la turbulence, sauf dans la couche d'air d'un à deux millimètres à la surface de l'eau. L'épaisseur de cette couche est insuffisante pour qu'il s'y produise de forts remous, et les remous peu importants s'atténuent et disparaissent vite en raison de la viscosité de l'air. À la surface de l'eau, la vitesse de l'air dans la couche de deux millimètres atteint environ un tiers de la vitesse moyenne du vent au-dessus de la couche. Cette grande variation de vitesse sur une aussi faible hauteur est instable par nature. Dans l'air et dans l'eau, les perturbations avec des longueurs d'onde de 2 à 5 centimètres augmentent, l'air agit sur les vagues en produisant des différences de pression : un effet de basse pression s'exerce du côté sous le vent de la crête; et de haute pression du côté au vent. Des expériences récentes faites avec le radar en vue d'étudier la croissance de longueurs d'onde choisies dans des tunnels eau/air ont confirmé l'hypothèse de cette théorie, d'abord avancée par M.S. Longuet-Higgins en 1952, et approfondie par la suite par B. Benjamin et John Miles.

La théorie la plus en vogue dans les travaux actuels est celle qui fut avancée par John Miles en 1957. Son mécanisme est fonction de la présence initiale d'un champ de vagues assez important pour imprimer un mouvement ondulatoire à l'air de contact. Miles a démontré théoriquement que la circulation d'air réagit à cette perturbation en déplaçant les mouvements d'air ondulatoires le long de la vague, provoquant ainsi une distribution de la pression atmosphérique variable au gré des vagues, soit une pression inférieure à la moyenne sur les pentes des crêtes sous le vent et supérieure à la moyenne sur les pentes au vent. Les régimes de croissance prévus dépendent fortement de la grosseur des vagues, de la différence entre les vitesses des vagues et du vent, de même que des variations de la vitesse du vent selon la hauteur.

Le défi sur le plan expérimental consistait à mesurer avec suffisamment d'exactitude la vitesse de croissance, de façon à prouver ou à réfuter les allégations théoriques. Le problème se complique par le fait que la gamme de validité des mécanismes théoriquement probables comporte des recoupements et que des expérimentateurs ont ainsi attribué par erreur la propagation des vagues à un mécanisme plutôt qu'à un autre. D'autre part, la croissance des vagues n'est pas toujours directement liée au vent : les vagues agissent les unes sur les autres et sur l'eau qui les entoure. Par exemple, les vagues augmentent d'amplitude quand elles rencontrent un courant de marée, la terrible vague de fond. L'interaction des vagues les unes sur les autres produit également un échange d'énergie et de force, et une composante particulière d'une vague peut se développer aux dépens des autres sans que le vent y soit pour quelque chose. Les théoriciens et les expérimentateurs étudient avec intérêt un certain nombre d'interactions de vague à vague, qu'ils sont en train de découvrir.

Au cours des six dernières années, les expériences menées dans la mer du Nord, au large de l'Allemagne, dans le cadre du *Joint North Sea Wave Project*, ont permis d'accumuler un excellent ensemble de données sur les vagues pour fonder les théories sur la croissance de tout un champ d'ondes dans l'espace et dans le temps. Ces expériences ont permis de vérifier que l'interaction des vagues entre elles peut contribuer à la propagation des vagues sans intervention du vent, et d'élaborer un schéma de prévision des vagues, à partir d'un petit nombre de données (direction et vitesse du vent, période et distance sur laquelle l'air s'est déplacé). Ce schéma sert à prévoir non seulement la hauteur et la période des vagues dominantes, mais aussi la façon dont se présente tout le champ d'ondes, y compris la variation de la direction et de l'amplitude par rapport à la longueur d'onde.

LES RECHERCHES À L'INSTITUT OCÉANOGRAPHIQUE DE BEDFORD

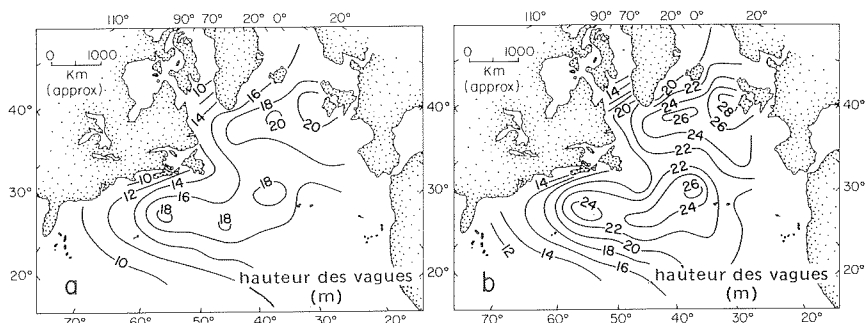
À l'Institut océanographique de Bedford, les recherches sur les vagues se poursuivent selon deux méthodes passablement différentes, et la valeur des deux méthodes utilisées fait l'objet d'une saine controverse entre les deux groupes d'utilisateurs. Le groupe dirigé par H.J.A. Neu, de la Division d'océanographie côtière (Laboratoire d'océanographie atlantique), prend des mesures et compile des données sur les vagues depuis plusieurs années, en vue d'offrir aux ingénieurs les renseignements statistiques nécessaires à la conception des ouvrages maritimes. Le groupe a accès à plusieurs sources, ce qui est rare dans une entreprise comme celle-là, en effet, deux organismes recueillent des données sur les vagues locales. D'une part, le Centre météorologique des Forces armées canadiennes à Halifax produit deux fois par jour des cartes des vagues et des bulletins météo-

rologiques sur l'Atlantique Nord. Le ministère des Travaux publics du Canada, d'autre part, recueille des données sur les vagues à des endroits précis, principalement sur les lieux d'installations portuaires projetées ou existantes, à partir de bouées munies d'accéléromètres à compteurs télécommandés. Dans la méthode choisie, les cartes des vagues établies par l'armée, dans un grand rayon et de façon continue, constituent la principale base de données et les résultats de l'étude sont comparés avec les chiffres relevés à certains endroits précis par les bouées du ministère des Travaux publics. Le mode d'analyse que préfèrent l'ingénieur et le statisticien des vagues consiste à traiter un grand nombre d'observations brutes pour produire des statistiques relatives à des quantités observables comme l'amplitude, la période, la probabilité d'une vague dépassant une amplitude définie en une période donnée, etc. Il s'agit d'observations brutes au sens où ce ne sont d'ordinaire que des estimations visuelles de l'amplitude, de la période et de la direction enregistrées par les officiers de quart à bord de navires; elles sont donc subjectives jusqu'à un certain point (la hauteur estimative de l'amplitude des vagues en mer établie par un observateur chevronné correspond d'assez près à la moyenne du tiers le plus important des vagues). Comme les observateurs sont nombreux, le personnel préposé à la cartographie vérifie chaque observation avec des observations faites à proximité et en regard des prévisions de cartes précédentes. À long terme, cette contre-vérification sérieuse a permis de produire une série chronologique de cartes qui constituent une excellente source de données pour l'étude statistique.

Deux études ont été faites sur la topographie des vagues, au cours de l'année 1970 : l'une, sur la côte atlantique du Canada; l'autre, sur tout l'Atlantique Nord. Deux des résultats les plus intéressants de ce travail sont illustrés par les cartes ci-dessous, qui représentent l'Atlantique Nord avec les courbes de hauteur maximale des vagues calculées pour l'année 1970 et la hauteur maximale des vagues prévues pour une période de dix ans. Les valeurs sont établies en fonction de rapports statistiques bien connus sur les vagues. Les résultats, nouveaux et encore au stade expérimental, se sont révélés satisfaisants dans tous les cas où il a été possible de les vérifier. Le rapport publié (*Wave Climate of the North Atlantic*, par H.J.A. Neu) donne également les prévisions des hauteurs maximales de vagues sur une période de cent ans, chiffres utilisés précieusement par les ingénieurs qui travaillent à des constructions maritimes permanentes. On ne saurait trop insister sur la valeur pratique de ces renseignements pour le concepteur de constructions flottantes (laboratoires océanographiques, plates-formes, etc.) utilisées au large des côtes.

La deuxième façon d'aborder l'étude des vagues correspond à des objectifs à long terme. Le groupe chargé de l'étude de l'interaction air-mer de la Division de la circulation océanique du LOA scrute les processus physiques qui règlent la génération et la croissance des vagues, en mettant l'accent sur les expériences pratiques. Le résultat des travaux permettra de résoudre nombre d'énigmes sur la façon dont les vagues nous touchent indirectement par les modifications qu'elles apportent aux processus météorologiques et océanographiques. Au cours des sept dernières années, on a tenté de mesurer sur place les fluctuations de pression en rapport avec les vagues. Des mesures simultanées de la vitesse verticale de la surface de l'eau au même point ont permis de calculer l'effet des fluctuations de pression, mesurées, sur les vagues. En outre, en supposant ou en mesurant la distribution directionnelle de propagation des vagues, il a été possible d'évaluer l'influence exercée sur l'air par les vagues et d'établir des comparaisons avec les mesures directes de l'influence totale de l'eau sur l'air.

Ce n'est que depuis les sept dernières années qu'on a pu mesurer les variations de pression dans une turbulence, alors que la mesure du flot périphérique était possible depuis longtemps. J.A. Elliott, maintenant à l'IOB, a fait oeuvre de pionnier dans ce domaine lorsqu'il était à l'université de la Colombie-Britannique. Depuis des années, on cherchait une solution à ce problème : comment mesurer les très faibles pressions liées aux turbulences (typiquement 0,01 – 10 pascals ou 10^{-7} à 10^{-4} atmosphères — soit la pression exercée par une colonne d'air de 1 millimètre à 10 centimètres) quand la tête du détecteur lui-même peut modifier le courant et causer des pressions de type Bernoulli, créant ainsi de fausses pressions aussi importantes que celles à mesurer ? On y est arrivé en supprimant les pressions de Bernoulli par l'utilisation d'un détecteur soigneusement profilé, dont il existe maintenant trois modèles différents. À l'IOB, nous utilisons le modèle Elliott qui en vaut bien un autre.

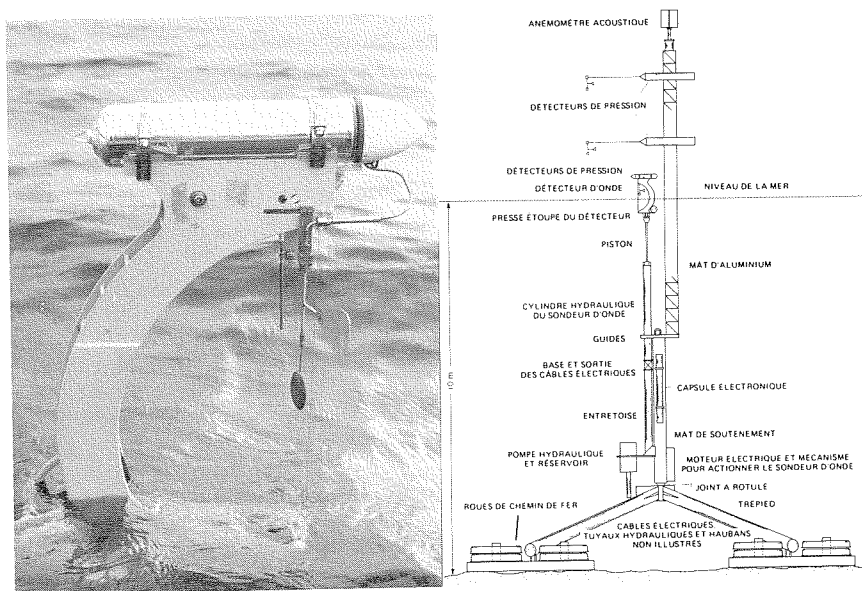


Résultats d'études sur la topographie des vagues dans l'Atlantique Nord par H.J.A. Neu :
a) amplitudes maximales des vagues pendant une année, à partir des données de 1970;
b) amplitudes maximales prévues sur une période de 10 ans. (LOA 4135)

Au cours des six dernières années, un dispositif, le sondeur d'onde, a été mis au point pour mesurer les pressions à proximité de la surface de l'eau. De par sa conception, l'appareil est semblable à celui qui avait d'abord été imaginé par Blair Kinsman du Chesapeake Bay Institute, de l'université Johns Hopkins. C'est le fruit d'une collaboration de deux ans entre l'IOB et le CBI. Bien que l'appareil soit beaucoup plus souple que son prédécesseur, il lui ressemble beaucoup. Grâce au piston hydraulique sur lequel ils sont montés, les détecteurs peuvent suivre le mouvement vertical de la surface de la mer, ce qui permet au sondeur d'onde de mesurer la pression d'air et le champ de courant à des hauteurs où des instruments fixes sont inutilisables parce qu'ils seraient détruits par les vagues. La figure ci-dessous montre la partie fonctionnelle de l'appareil. Le cylindre brillant renferme un détecteur de pression; la tête du détecteur Elliott est le disque monté sous la petite girouette qui maintient le disque dans le vent (normalement, tout l'appareil pointe dans la direction du vent, mais le temps était calme quand fut prise cette photo). Le petit tuyau qui pénètre dans le cylindre brillant transmet au détecteur les signaux de variations de pression enregistrés par la tête détectrice. Deux autres détecteurs sont visibles. La tige verticale à l'arrière de la girouette porte un petit anémomètre, instrument qui mesure la vitesse du vent en enregistrant l'apport de courant électrique nécessaire pour maintenir sa température constante à environ 250 °C lorsqu'il est refroidi par le vent. Le mince fil vertical, à l'avant du disque détecteur de pression, mesure le niveau d'eau, et le signal électrique qu'il émet commande la descente ou la montée du piston hydraulique sur lequel les instruments de détection sont mon-

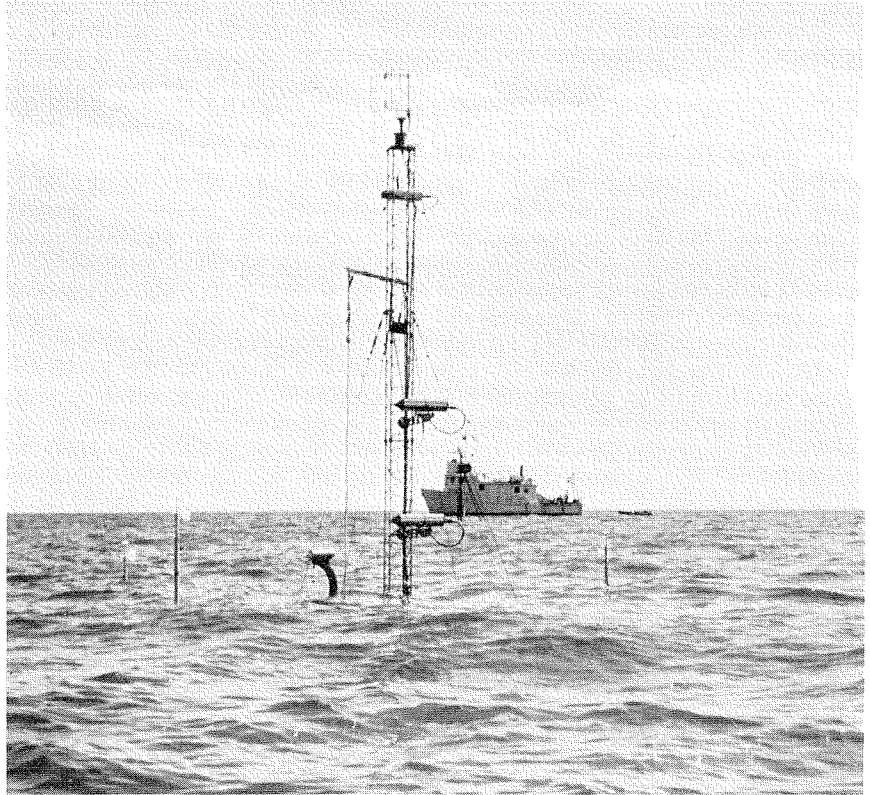
tés. Les dispositifs hydrauliques et le servomécanisme électronique qui actionnent le piston sont complètement immergés pour éviter toute interférence avec la circulation d'air mesurée.

Jusqu'à présent, le système de sondeur d'onde de l'IOB a été utilisé dans deux expériences conjointes, l'une dans la mer du Nord (JONSWAP 2) en septembre 1973 et l'autre dans la baie d'Abaco, aux Bahamas, en décembre 1974. Les données recueillies à ces occasions sont en cours de traitement. Les corrélations onde-pression fournies par JONSWAP 2 ne renfermaient aucun renseignement utile sur la croissance des vagues, mais les mesures de l'anémomètre pourraient nous renseigner sur la structure de la circulation d'air au-dessus de la surface de l'eau. L'expérience d'Abaco a produit beaucoup de données utiles. Elle visait à réunir les trois personnes qui avaient, jusqu'à ce jour, mesuré sur place l'effet des variations de pression sur les vagues de la mer : l'auteur et J.A. Elliott de l'IOB, ainsi que R.L. Snyder de l'université Nova, à Fort Lauderdale en Floride. Tous les instruments ont été interétalonnés avec soin, avant et pendant l'expérience, en laboratoire et sur place, et presque toutes les données ont été enregistrées et analysées séparément par les participants de l'IOB et de Nova. Ces précautions ont été jugées nécessaires en raison des résultats publiés antérieurement, par les trois intéressés, donnant des taux respectifs de croissance des vagues d'une importance dix fois supérieure, trois fois supérieure et égale à ceux qui étaient prévus dans la théorie de génération des vagues de Miles, et ce dans des conditions semblables, tant en ce qui concerne les vagues que le vent! La photographie ci-contre illustre le dispositif expérimental. Les instruments Snyder, dont l'un est à peine visible à gauche du mât, ont été disposés dans un



Instruments de détection de la circulation d'air du sondeur d'onde de l'IOB et schéma du sondeur d'onde. (LOA 2905)

plan horizontal soigneusement défini, avec le sondeur d'onde de l'IOB au centre. Le mât, également près du centre de l'ensemble, porte un détecteur de vagues distinct, deux détecteurs de pression superposés de type Elliott, ainsi qu'un



Les instruments en place pour l'expérience d'Abaco. (LOA 4195)

anémomètre de turbulence qui permet de mesurer l'influence totale exercée par l'eau sur l'air qui circule au-dessus, au sommet du mât. La disposition verticale et horizontale des détecteurs de pression avait été conçue pour recueillir des renseignements sur la structure horizontale et verticale des pressions liées aux vagues et à la turbulence au-dessus de vagues forcées en croissance, avec des longueurs d'onde de 1,5 mètre ou plus. Une grande variété de renseignements ont été enregistrés au cours d'une période de trois semaines. L'analyse, qui a duré un an et demi, a permis de retirer la plupart des données contradictoires dues à la défaillance de certains appareils, de sorte qu'il reste une quantité importante de données valables à partir desquelles il est possible de tirer des conclusions.

Les résultats sont encore provisoires mais semblent encourageants. Les trois expériences ont donné des estimations analogues du taux de croissance, dans les limites de distribution et d'erreurs prévues. Du point de vue pratique, l'une des plus importantes découvertes est que 20 à 40 p. cent de l'influence totale de l'eau sur le vent est fonction directe des vagues dominantes avec de grandes longueurs d'onde. Le reste de l'attraction serait à l'origine de courants maritimes, de rides et de vagues de courtes longueurs d'onde. Récemment, une équipe de recherche sous la direction de J. Wright, du laboratoire de recherche navale de Washington (D.C.), a mesuré au radar la croissance des rides et des vagues courtes dans un tunnel vent-eau et a constaté que les rides et les vagues courtes comp-

taient pour 75 p. cent de l'attraction observée. Il apparaît donc que les vagues courtes et longues conjuguées comptent pour toute la force d'attraction de l'eau sur le vent. Si tel est le cas, comment expliquer d'autres transferts directs d'énergie fort évidents à l'eau, comme les courants dus aux vents et les grandes oscillations de tempête de toute la couche supérieure de l'océan? Ils seraient attribuables, en partie, aux vagues qui en se brisant ou en se dissipant de quelque autre façon perdent dans les courants l'énergie engendrée par le vent. Le frottement direct du vent à la surface de l'eau compte peut-être pour 10 p. cent de l'attraction du vent, mais comme il est très difficile de mesurer des courants moyens de faible importance en présence de fortes oscillations, il est impossible d'aller au-delà des suppositions pour déterminer si les courants moyens seraient conformes aux prévisions. L'interaction des vagues les unes sur les autres et sur les particules fluides sous-jacentes est peu connue; pourtant, c'est l'étude de cette interaction qui permettra enfin de comprendre les processus de malaxage de la couche supérieure de l'océan.

ORIENTATION FUTURE DES RECHERCHES

Comme la prévision exacte du temps est le problème le plus urgent que doivent régler les météorologues et les océanographes, un vaste effort international, sous forme d'un Programme de recherche atmosphérique globale (Global Atmospheric Research Program) a été entrepris pour tenter de le résoudre. L'étude prioritaire est celle du malaxage de la couche supérieure de l'océan qui constitue un «réservoir» très efficace de chaleur pour l'atmosphère. Il est essentiel de connaître le temps qu'il faut à la chaleur pour être absorbée et entraînée en profondeur, ainsi que les mouvements des eaux qui s'ensuivent, pour arriver à prévoir le temps à l'échelle mondiale pour une période supérieure à quarante-huit heures. Comme le mouvement des vagues contribue au malaxage, c'est de ce côté qu'il faut orienter les recherches.

*

* *

*The road goes ever on and on
Down from the door where it began,
Now far ahead the road has gone,
And I must follow if I can . . . (1)*

* *

*

- 1) La route avance inexorablement
Depuis la porte d'où elle a jailli
La route est loin maintenant
Et je dois suivre, si je puis . . .
(N.D.T.)

Bibliographie choisie

CORNISH, V. —1934— *Ocean waves and kindred geophysical phenomena*, Cambridge University Press, Cambridge (R.-U.) 164 pages.

DOBSON, F.W. —1971— *Measurements of atmospheric pressure on wind-generated sea waves*, dans *J. Fluid Mech.*, n° 48, p. 91 à 127.

ELLIOTT, J.A. —1972— *Microscale pressure fluctuations near waves being generated by the wind*, dans *J. Fluid Mech.*, n° 54, p. 427 à 448.

ELLIOTT, J.A. —1972— *Instrumentation for measuring static pressure fluctuations within the atmospheric boundary layer*, dans *Boundary Layer Meteorol.*, n° 2, p. 476 à 495.

KINSMAN, B. —1965— *Wind waves — their generation and propagation on the ocean surface*, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs (NJ), 676 pages.

LAMB H. —1932— *Hydrodynamics*, Cambridge University Press, Cambridge (R.-U.), 6^e édition, 738 pages.

NEU, H.J.A. —1971— *Wave climate of the Canadian Atlantic Coast and continental shelf*, Institut océanographique de Bedford, rapport du LOA 1971-10, 172 pages.

NEU, H.J.A. —1976— *Wave climate of the North Atlantic — 1970*, Institut océanographique de Bedford, rapport du LOA 76-10, 37 pages.

PHILLIPS, O.M. —1957— *On the generation of waves by turbulent wind*, dans *J. Fluid Mech.*, n° 2, p. 417 à 445.

PHILLIPS, O.M. —1966— *The dynamics of the upper ocean*, Cambridge University Press, Cambridge (R.-U.), 261 pages.

PIERSON, J. —1976— *The theory and applications of ocean wave measuring systems at and below the sea surface, on the land, from aircraft, and from spacecraft*, NASA, Washington (DC), rapport technique CR-2646, 388 pages.

SNYDER, R.L. —1974— *A field study of wave-induced pressure fluctuations above surface gravity waves*, dans *J. Mar. Res.*, n° 32, p. 497 à 531.

SNYDER, R.L., R.B. LONG, J. IRISH, D.G. HUNLEY ET N.C. PFLAUM —1974— *An instrument to measure atmospheric pressure fluctuations above surface gravity waves*, dans *J. Mar. Res.*, n° 32, p. 485 à 496.

Le projet MAREX ou l'exploration de la dorsale Médio-Atlantique

B.D. Lõncarevic (Centre géoscientifique de l'Atlantique)

Au cours d'une conférence présentée au Royal Institution de Londres, Sir Francis Younghusband, le chef de l'expédition de 1922 sur le mont Everest, déclarait :

«L'ascension du mont Everest trouve sa justification dans le fait qu'il s'agit du plus haut sommet du monde et nous considérons qu'il n'y a aucun endroit de la terre, surtout pas son point culminant, que nous ne devrions tout au moins essayer d'atteindre.»

C'est ce même esprit d'exploration, ce même attrait de l'inconnu, qui ont animé les navigateurs. Le perfectionnement de l'instrumentation scientifique, après la Seconde Guerre mondiale, a permis l'exploration et la description de la plus grande chaîne de montagnes du globe terrestre : le système médio-océanique, qui s'étend sur des milliers de kilomètres. Au début de la décennie de 1960, le programme d'activités scientifiques du nouvel Institut océanographique de Bedford prévoyait une étude détaillée d'un segment de la dorsale Médio-Atlantique. L'esprit de découverte qui aiguillonnait l'équipe responsable de ce projet a été illustré par le célèbre caricaturiste d'Halifax, M. Chambers, au retour de la deuxième expédition de l'IOB au Centre-Atlantique (voir page 185). Notre compte rendu décrit sommairement les travaux des dix premières années du projet MAREX (Mid-Atlantic Ridge Exploration).

La dorsale Médio-Atlantique est un large relief dentelé de montagnes dénudées qui divise l'océan Atlantique en deux. On a découvert l'existence de cette chaîne peu après les années 1850, alors que la délimitation du tracé du premier câble transatlantique exigeait la collecte de certaines données sur la profondeur et la nature du fond océanique. Le lien étroit entre le projet d'installation du câble et l'étude de la dorsale est mis en évidence par les premiers noms donnés à quelques structures géomorphologiques sous-marines : Faraday Hills (d'origine britannique) et Telegrapher's Plateau (d'origine américaine).

Comme c'est souvent le cas, la première description fut suffisamment exacte et détaillée pour que l'on attende trois quarts de siècle avant d'entreprendre de nouvelles études. En 1870, s'adressant aux membres de la Royal Geographical Society, M. Sherard Osborn, qui s'était signalé au cours des expéditions de recherche de Franklin dans les régions arctiques, déclarait :

«Je me propose de décrire dans ce rapport une partie de la somme de connaissances acquises sur le fond de la mer, c'est-à-dire la profondeur de l'océan, de même que la nature et la forme de l'écorce terrestre sur laquelle il repose : des données qui sont encore loin d'être parfaites,

mais les progrès accomplis dans ce domaine ont été si grands qu'au cours des dernières années il a été possible de poser en toute sécurité, dans le monde du silence, 17 000 milles de câble télégraphique sous-marin (dont le coût excède six millions de livres sterling).»

Passant à la description des trois sondages effectués dans le sillage des navires dans l'Atlantique Nord, M. Osborn conclut :

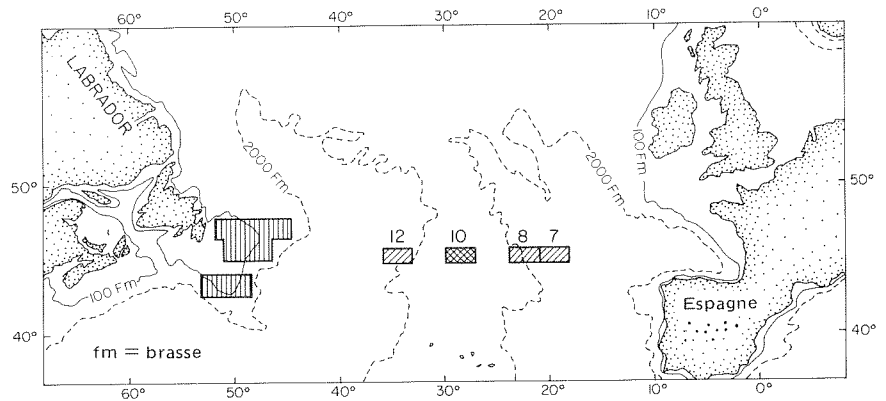
«À mon avis, le tracé du bassin de l'Atlantique Nord est correctement délimité par ces sondages, et consiste en deux grandes vallées séparées par une chaîne de montagnes qu'on peut suivre depuis le 40° de latitude Nord jusqu'à l'Islande. . . »

Il ajouta :

«La crête sous-marine qui sépare les deux vallées au voisinage du 30° de longitude Ouest semble être à une hauteur, ou plutôt à une profondeur étonnamment uniforme. La chaîne, qui ne se trouve qu'à 1600 brasses (9600 pieds) de la surface de l'océan, entre les Açores et la latitude des Hébrides, s'élève graduellement et parvient jusqu'à la surface, formant le volcan du mont Hecla et ses geysers, en Islande.»

Durant les années 1960, on a assisté à un profond changement dans la façon d'explorer les grands fonds océaniques. Jusqu'à cette époque, en raison de l'immensité des océans, c'était aux expéditions lointaines, effectuant des sondages en ligne droite dans les régions non cartographiées, que l'on devait les découvertes scientifiques les plus importantes. Après une douzaine d'années de ces explorations de reconnaissance, les principales régions océaniques avaient été quadrillées de relevés de sondages en ligne droite. Puis, on constata que le deuxième sondage dans un secteur rapportait généralement peu de nouvelles données et on en vint à envisager l'étude systématique et détaillée de régions soigneusement déterminées. L'étude menée par l'IOB sur la dorsale Atlantique à 45° de latitude Nord fut la première enquête importante de ce type. Elle a d'ailleurs modifié radicalement la recherche des années 1970 sur le fond marin, y compris le programme franco-américain FAMOUS d'étude de la dorsale Atlantique à 37° de latitude Nord et les nombreuses études ponctuelles de forage en mer profonde (Deep Sea Drilling Project).

Nous avons choisi une bande de la dorsale de 1° de largeur, dont le centre se situe à la latitude de 45° 30' N. On connaissait tellement peu les dorsales océaniques au début des années 1960 que le choix d'une région à des fins d'étude détaillée aurait pu tout aussi bien se faire au hasard. Nous avons choisi la latitude 45° N. parce que deux expéditions britanniques précédentes avaient déjà fourni certaines données. Nous avons la conviction que ce secteur était représentatif d'un segment typique de la dorsale, du fait qu'il était situé à peu près à mi-chemin entre deux accidents tectoniques importants de la dorsale : la zone de fracture Charlie-Gibbs (par 52° N.) et les Açores (par 37° N.). Comme il n'existe pas de zones importantes de fracture susceptibles de déplacer la dorsale, il était logique de présumer que la morphologie serait continue et que les anomalies géophysiques demeureraient intactes. Le Fossé médian, dans la région, avait été facile à repérer (Hill, en 1960). L'analyse des échantillons de roches draguées avait ensuite révélé que les chaînes étaient composées de roches basaltiques fraîches et récentes (Muir et Tilley, en 1964). L'activité sismique le long de la crête de la dorsale et le flux élevé de chaleur qui ont été enregistrés dans le Fossé,



Emplacement des levés géophysiques de l'Institut effectués sur la dorsale Atlantique. Le secteur n° 10 fait l'objet de notre rapport.

plus au nord, témoignent d'une activité volcanique dans la région. D'Halifax, c'était le segment de la dorsale le plus rapproché où les conditions atmosphériques fussent bonnes, par suite de la présence de la zone anticyclonique d'été des Açores.

Entre 1960 et 1975, cinq bateaux ont consacré plus de 250 jours de travail dans le secteur, au cours de neuf expéditions (voir le tableau qui suit). Après des enquêtes menées par plus de 65 chercheurs, 72 rapports avaient été publiés avant la fin de 1975 (Loncarevic, 1976).

Levés effectués sur les chaînes et la zone du plateau de fracture de la dorsale Atlantique, près de 45° N.

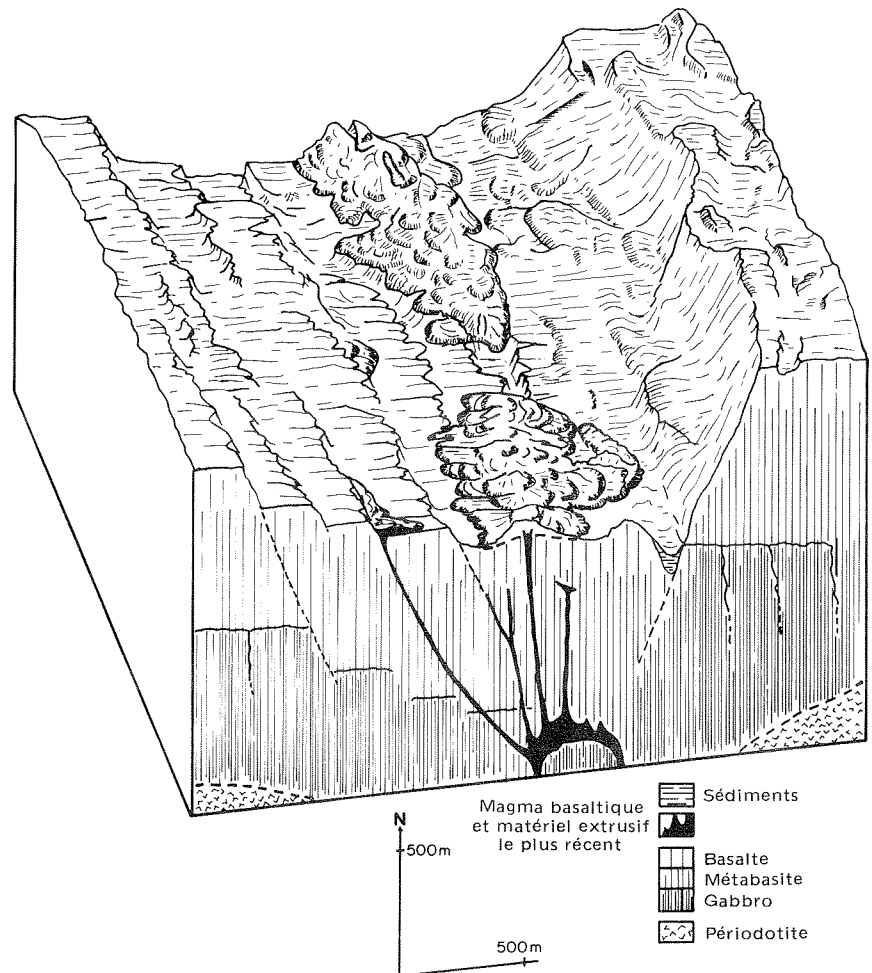
Année	Navire	Levé (km)	Station
1960	<i>Discovery II</i>	430	5
1965	<i>Hudson</i>	1 950	—
1966	<i>Hudson</i>	6 950	62
1968	<i>Hudson</i>	13 940	87
1968	<i>Theta</i>	—	3
1969	<i>Hudson</i>	—	28
1971	<i>Hudson</i>	1 000	86
1972	<i>Shackleton</i>	1 400	2
1975	<i>Discovery</i>	2 250	3

L'EXPANSION DU FOND OCÉANIQUE ET LE FOSSÉ MÉDIAN

Certaines plaques de l'écorce terrestre se déplacent l'une par rapport à l'autre depuis au moins deux cents millions d'années. On distingue trois types de mouvements. Les plaques peuvent : glisser l'une contre l'autre; se heurter; ou s'éloigner l'une de l'autre. Le premier cas se traduit par l'apparition de failles de raccord, par exemple celles de San Andreas en Californie. Dans le deuxième cas, d'importantes chaînes de montagnes se forment si les plaques comportent un rebord continental; c'est le cas actuellement de l'Himalaya. Une collision entre une plaque comportant un rebord continental et une plaque comportant un

rebord océanique ou entre deux plaques comportant des rebords océaniques provoque la formation d'une fosse profonde, comme celles qui encerclent l'océan Pacifique. Lorsque les plaques s'éloignent, il se produit une ascension du matériel du manteau sous-jacent jusqu'à la surface, pour colmater la déchirure formée dans l'écorce.

Il y a trois bonnes raisons d'étudier les marges d'accroissement par accréation. D'abord, c'est ainsi que la nouvelle matière est ajoutée à l'écorce terrestre. C'est la première étape du processus comprenant le soulèvement, l'érosion, la sédimentation et le métamorphisme qui donneront naissance à l'extrême variété du tissu géologique. En deuxième lieu, l'ouverture au creux des marges constitue en quel-



Vue en perspective du Fossé médian à 45° N., vers le nord-est, à partir des pentes supérieures du mont Confédération. Le mont Brock est le plus éloigné. (Avec la permission de F. Aumento et K.D. Sullivan.)

que sorte une fenêtre sur la structure et la nature des couches profondes de l'écorce et du manteau supérieur. Enfin, c'est dans la région des marges que les forces entraînant les mouvements de plaques sont le plus mises en évidence. On ne connaît pas encore le mécanisme qui est à l'origine de la dérive des continents, et l'étude de la dorsale pourrait révéler des faits susceptibles d'éclaircir ce mystère.

Le Fossé médian est le centre de l'expansion et c'est pour cette raison qu'il a fait l'objet principal de notre attention tout au long du projet. Entre 45° N. et 46° N., le Fossé est droit; il est délimité par la courbe bathymétrique de 2560 mètres (Loncarevic et autres, 1966). Sa largeur moyenne, soit la distance entre les courbes bathymétriques 2560 mètres des parois opposées, est de 9,5 kilomètres. Aux extrémités sud et nord, le Fossé se rétrécit beaucoup, jusqu'à

ce qu'il soit bloqué par des épanchements de lave de volcans de flanc doubles. Dans la région centre-nord, par 45° 40' N., le Fossé s'élargit jusqu'à 18,6 kilomètres mais se rétrécit abruptement, juste au nord. Le côté le plus à l'ouest de la section la plus large est limité par un escarpement qui s'étire sur 6 kilomètres en direction est-ouest. Il pourrait s'agir de la manifestation en surface d'une petite faille de raccord.

Le fond du Fossé abrite cinq bassins dont la profondeur excède 2900 mètres, et qui sont séparés par des côtes et des seuils de faibles dimensions. En général, les dépressions s'accroissent vers le nord, de sorte que la plus grande profondeur (3520 mètres) se situe par 45° 41,4' N., 27° 47,7' O. Il n'y a aucun rapport entre la profondeur et la largeur. Il n'y a presque pas de sédiments sur le fond et un bon nombre de tentatives d'obtenir une carotte sédimentaire ont échoué.

Les roches exposées du fond sont les dernières à être apparues. Les coussins arrondis de lave basaltique se sont vite solidifiés quand la roche en fusion est venue en contact avec l'eau de mer. La couche superficielle s'est refroidie en premier. Nous avons prélevé par dragage plusieurs de ces coussins. Les pourtours étaient enveloppés de verre volcanique qui s'est détaché et s'est brisé à l'air sous l'effet des tensions internes dans le verre lorsque les roches se sont graduellement réchauffées. Aumento, dans un article publié en 1969, a présenté une analyse des échardes de verre suivant la méthode de détection des traces de désintégration des noyaux radioactifs. Les échardes les plus récentes ont pu être datées à environ 12 000 années. A l'échelle géologique, le Fossé médian est très jeune et on enregistre encore une activité géologique.

Il se caractérise par la présence d'une forte anomalie magnétique positive, dont l'amplitude est beaucoup plus grande (un facteur de deux ou plus) que celle des anomalies sur les montagnes axiales. Ce phénomène a donné lieu à de nombreuses spéculations et c'est pour cette raison que nous nous sommes intéressés aux caractéristiques magnétiques des roches d'origine magmatique récupérées sur le fond de la mer.

Irving, entre autres, a analysé en 1970 des échantillons représentatifs de notre collection. Les roches provenant du fond du Fossé étaient très magnétisées, par suite du refroidissement rapide des laves qui provoqua la formation dispersée de particules de titanomagnétite à très faible granulométrie. Les lectures étaient dix fois supérieures aux valeurs théoriques employées avec nos modèles. À cause de l'oxydation secondaire des minéraux magnétiques, l'intensité de la magnétisa-



Photographie sous-marine du fond du Fossé représentant des coussins de laves récents (position de la caméra : 8-66; photographie : 90c; profondeur : 2930 mètres).

tion décroît rapidement avec l'éloignement de la marge d'accroissement par accréation. On observe une réduction d'un facteur de 10 sur une longueur de 10 kilomètres et une réduction d'un facteur de 200 sur les montagnes axiales. L'épaisseur supposée de la strate rocheuse dans le modèle des anomalies magnétiques dépend du degré de magnétisation. Les valeurs élevées que nous avons obtenues au départ donnent à penser que la couche volcanique peut n'avoir que 200 mètres d'épaisseur. Cette profondeur étant accessible aux appareils du projet de forage en mer profonde, il était possible de vérifier au moyen de quelques sondages les suppositions susmentionnées. Or, les résultats obtenus furent beaucoup moins concluants, comme nous le verrons plus loin.

Irving attribuait la baisse de la magnétisation, de même que d'autres variations des propriétés magnétiques à une certaine activité hydrothermique réduite dans la zone axiale d'accréation. En se refroidissant, les laves se contractent, se fracturent et ouvrent des brèches dans lesquelles pénètre l'eau de mer. La circulation qui s'établit favorise l'oxydation et autres changements chimiques. Outre l'effet exercé sur l'anomalie magnétique, ce processus pourrait intervenir activement dans la formation de zones de minéralisation dans les roches volcaniques. L'étude du magnétisme des roches nous a donc mené à un problème pratique d'importance économique considérable.

En plus d'un certain nombre de dragages qui ont permis de récupérer des échantillons de roches, plusieurs expéditions ont réussi à prélever des carottes de roches avec la foreuse hydrostatique de l'Institut (Ade-Hall et autres, 1973). Le gros avantage du prélèvement de carottes de roches est de faire connaître l'orientation géomagnétique des roches, ce qui nous permet de mesurer le sens de la magnétisation des roches relativement à l'inclinaison actuelle du champ magnétique terrestre. L'analyse des échantillons a révélé des déviations anormales. Tous les échantillons, récents, ont été prélevés dans le secteur de la puissante anomalie magnétique centrale de 400 à 700 nanoteslas; les pierres ont sans doute été entraînées à la surface après la dernière inversion du champ magnétique terrestre (époque de Brunhes). Le sens de la magnétisation dans quatre des six échantillons dévie de façon significative de l'orientation prévue de $+64^\circ$: deux échantillons ont une polarité normale, mais des inclinaisons significativement faibles ($+37^\circ$ et $+47^\circ$); les deux autres ont une polarisation inverse (-12° et -45°). Il est normal de trouver un petit nombre d'échantillons de polarisation inverse (5 p. cent) parmi les échantillons datant de l'époque de Bruhnes, à cause des deux courts événements de renversement du champ magnétique. Deux échantillons sur six ne suffisent pas pour constituer un échantillonnage statistiquement significatif, mais d'autres mesures effectuées sur des échantillons provenant du secteur couvert par le projet FAMOUS et sur d'autres de la région de 22° N. ont toutes indiqué qu'à peu près 30 p. cent des roches ont une polarité inverse. Une variabilité semblable a été observée aux Bermudes (Ade-Hall et autres, 1973) et dans les forages 332 à 335 de la virée transversale n° 37 du projet de forage en mer profonde. Ceci révèle une fois de plus l'immense complexité de la géologie! La théorie de Vine, Matthews et Morley nous a permis de faire un pas de géant dans la connaissance de la géologie globale par la simple supposition initiale de l'existence dans la croûte océanique de blocs entiers, uniformément magnétisés, qui s'éloignent de part et d'autre d'un axe en déplaçant le matériel où s'est inscrite la séquence d'inversions du champ magnétique terrestre. Jusqu'ici, les échantillonnages indiquent que les anomalies magnétiques observées à l'aide de magnétomètres à bord de navires ne correspondent pas entièrement à une série d'épanchements de lave à forte magnétisation uniforme, mais qu'elles sont plu-

tôt la représentation globale d'un grand nombre de coulées de lave basaltique (peut-être même d'intrusions) dont l'inclinaison magnétique et la direction sont très variables. En définitive, il est peut-être heureux que l'élégante simplification qui sous-tend la théorie de Vine, Matthews et Morley ait été formulée avant qu'on obtienne des échantillons de roches, sinon cette grande généralisation n'aurait peut-être jamais été admise par l'ensemble des géoscientifiques.

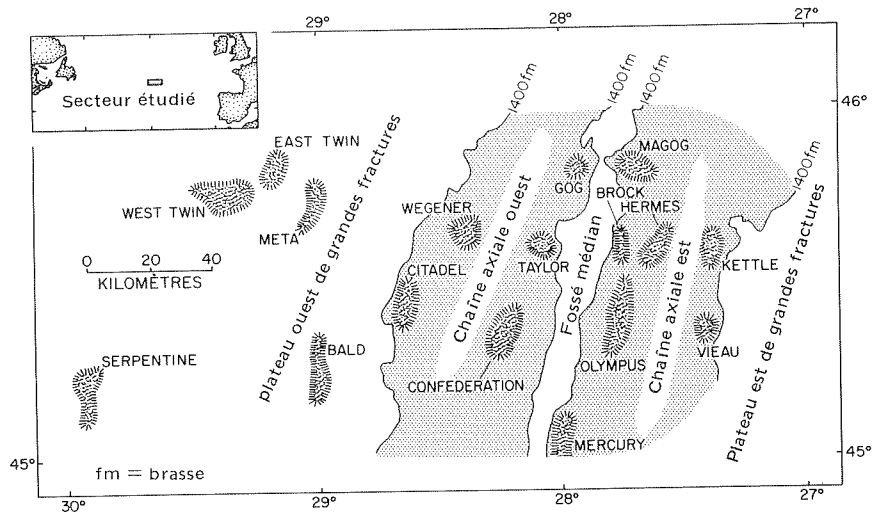
Le mécanisme tectonique qui se trouve à l'origine de la formation du Fossé médian demeure mystérieux. Des enquêtes pétrologiques détaillées ont permis de construire un modèle plausible et de circonscrire le champ des hypothèses. L'étude des propriétés séismiques de la région et de l'anomalie gravimétrique a contribué à préciser le modèle, mais plusieurs questions importantes restent en suspens.

Une analyse pétrologique poussée fonde la théorie de l'évolution géologique de la croûte océanique à la hauteur de la dorsale. Selon Aumento et Loubat (1971), puis Aumento et Sullivan (1974), de gros lopolites discontinus de magma basique ont été mis en place dans l'axe de la dorsale, en profondeur, après la création de zones de fracture latérale intense sous l'action des forces qui ont entraîné l'expansion du fond océanique. Ces lacs de magma se situent à une distance de 1 à 2 km du fond du Fossé médian. Leur base se trouve à moins de 24 km au-dessous du niveau de la mer. La plupart du temps, il s'agit de lacs dormants, de sorte qu'une lente cristallisation et une différenciation magmatique peuvent s'opérer. Parfois, le dôme des lopolites s'effondre et provoque l'extrusion des laves au fond du Fossé. Des soulèvements tectoniques subséquents entraînent les flancs solidifiés des lacs, et c'est de là que proviennent les échantillons de séquences de roches situées à une plus grande profondeur. Au fond, se trouvent les roches ultrabasiques (dunite et péridotite), qui correspondent peut-être aux couches les plus superficielles du manteau supérieur. Au-dessus, se trouvent les gabbros. La ligne de partage entre les gabbros et les roches ultramafiques peut représenter la discontinuité de Mohorovicic (limite entre les couches océaniques n^{os} 3 et 4). Le métamorphisme subséquent à l'enfouissement du matériel, les intrusions et extrusions subséquentes, la percolation de l'eau de mer et le flux généralement élevé de chaleur modifient peu à peu ces roches, d'une manière qui présente certaines similarités avec le métamorphisme régional continental. Les gabbros et les diabases sont transformés en schistes verts et en amphibolites. Parallèlement, les sulfures dispersés dans ces roches peuvent se concentrer en minerais.

LES MONTAGNES DE LA DORSALE ET AUTRES MONTS

C'est dans la région centrale de la dorsale Médio-Atlantique que se trouve le relief le plus élevé. Les montagnes axiales encadrant le Fossé médian sont les plus hauts sommets de tout le bassin de l'Atlantique Nord. Dans le secteur étudié, par 45° N., il existe trois paires de volcans de part et d'autre du Fossé (Loncarevic et autres, 1966). Les deux volcans les plus au nord à 45° 51' N. ont été nommés Gog et Magog par M. N. Hill. Les monts ouest et est sont à 1967 mètres et 1335 mètres de la surface respectivement. Le mont sud-est est très impressionnant. Il s'élève à 2195 mètres, sur une distance d'environ 2700 mètres ou, si l'on préfère, à une pente moyenne de 1 : 2. Il est à peu près de la taille du Vésuve. Nous l'avons appelé mont Confédération, pour souligner le centenaire du pacte canadien en 1967. Le flanc est du Fossé et ses trois sommets sont plus près de la surface que leurs pendants ouest. Des lignes tracées entre les paires de sommets seraient orientées est-ouest et formeraient un angle de 71° par rapport

à la direction du Fossé. L'activité volcanique qui a donné naissance à ces sommets jumelés peut se concentrer parallèlement aux zones de faiblesse de l'écorce perpendiculaires à la direction de la dorsale, même si aucune zone importante de fractures ou de failles de raccord ne déplace l'axe de la structure.



Carte des monts dénommés dans le secteur étudié.

Le mont Confédération a fait l'objet de levés, de dragages et de photographies détaillées, dont fait état Aumento dans un article publié en 1968. Les données amassées sont assez abondantes pour qu'on retrace l'évolution physique et structurale du volcan, depuis son apparition au fond du Fossé médian jusqu'à sa transformation, dans la chaîne axiale, en un grand volcan éteint, couronné de laves transformées.

Des analyses chimiques et pétrographiques ont montré que malgré son action intense en dessous des volcans de la dorsale Médio-Atlantique, ce n'est pas le fractionnement cristallin qui est à l'origine de la séquence ininterrompue tholéite-alcali qu'on a observée. Les deux types de magmas doivent dériver d'une même source, mais de telle façon qu'il se produit une trace d'enrichissement alcalin progressif à chaque cycle volcanique.

Les pics élevés et découpés de la dorsale s'étendent sur environ 40 kilomètres de chaque côté du Fossé médian, apparemment limités par la courbe bathymétrique de 2500 mètres. Au-delà, les bassins sédimentaires s'élargissent et les sommets deviennent des accidents isolés, entourés de dépôts sédimentaires. On peut mettre en doute l'hypothèse que la démarcation à 2500 mètres entre les montagnes de la dorsale et le plateau de grandes fractures (d'après le nom attribué par Heezen et autres, 1959) serait une discontinuité nette correspondant à un changement dans le développement tectonique de la dorsale. Des mesures antérieures d'épaisseur des sédiments avaient révélé d'importants accroissements subits, en s'éloignant de la chaîne, phénomène expliqué par une interruption de l'expansion du fond océanique, il y a peut-être 8 millions d'années, et par un taux accéléré d'expansion depuis. Des profils de sismique, plus précis et plus systématiques depuis quelques années (Keen et Manchester, 1970), semblent confirmer

que si l'on fait la moyenne d'un nombre suffisant de mesures, l'épaisseur des sédiments augmente uniformément et l'interruption entre les montagnes axiales et le plateau de fractures n'est pas clairement définie. Il n'est nullement nécessaire de postuler l'apparition de variations importantes dans le taux moyen d'expansion ou de développement tectonique. Sur une courte période, ou à un endroit particulier, il faudrait admettre, toutefois, que le développement semble épisodique.

On dénombre au moins trente-six monts distincts dans la région étudiée. Seize d'entre eux ont été nommés (tableau suivant) parce qu'ils se trouvaient au centre des zones d'échantillonnage ou de relevés importants et qu'il était préférable de disposer d'un nom comme référence. Le deuxième mont en importance après le mont Confédération (45° 36' N., 27° 19' O.) reçut le nom du regretté capitaine du CSS *Hudson* au cours des expéditions de 1966 et 1968, W.N. Kettle. Le mont situé au sud du Kettle fut baptisé Vieau, en l'honneur du regretté capitaine du CSS *Hudson* au cours de l'expédition de 1965.

Les sommets les plus rapprochés de la vallée sont des dômes formés par des épanchements plus ou moins continus de laves; les coulées plus récentes se situent à une plus grande hauteur. Les échantillons prélevés à différentes hauteurs reflètent donc la différenciation magmatique qui s'est produite avec le temps. Les monts plus éloignés du centre témoignent de la formation de failles de poussée et de blocs faillés, ainsi que d'une érosion sous-marine subséquente. Les dragages

Liste des monts dénommés de la dorsale près de 45° N.

N° et nom	Position du pic principal			Dimensions principales				Pente* (deg.)	Stations de dragage	Stations de caméra
	Latitude (° N.)	Longitude (° O.)	Profondeur minimale	Longueur max. (m)	Longueur min. (m)	Allongement				
1. Serpentine	45° 15'	29° 51'	2107	20.5	6.5	3:1	010	3	-	
2. West Twin	45° 44'	29° 16'	1865	6.5	6.5	1:1	350(?)	3	2	
3. East Twin	45° 48'	29° 07'	2107	12.0	6.5	2:1	007	1	-	
4. Meta	45° 44'	28° 57'	2209	14.8	3.7	4:1	000	3	1	
5. Bald	45° 12'	28° 56'	1196	24.0	4.6	5:1	000	3	3	
6. Citadel	45° 26'	28° 34'	1244	20.5	7.4	3:1	005	2	-	
7. Wegener	45° 31'	28° 20'	1360	9.2	5.5	-	013	1	1	
8. Taylor	45° 36'	28° 04'	1518	7.4	7.4	1:1	-	-	-	
9. Confederation	45° 18'	28° 10'	845	25.0	10.0	2.5:1	016	3	2	
10. Gog	45° 50'	27° 53'	1697	6.5	6.5	1:1	-	-	-	
11. Magog	45° 50'	27° 41'	1408	11.0	5.5	2:1	300	1	1	
11. Olympus	45° 23'	27° 42'	722	27.0	7.4	4:1	013	1	-	
13. Brock	45° 38'	27° 42'	1335	16.5	3.9	4:1	000	2	-	
14. Mercury	45° 05'	27° 56'	964	12+	7	-	012	1	1	
15. Hermes	45° 34'	27° 34'	1106	17.2	5.8	2:1	029	-	-	
16. Kettle	45° 36'	27° 19'	980	14.7	8.2	2:1	000	1	-	
17. Vieau	45° 21'	27° 23'	1675	11.0	5.6	2:1	000	1	-	

*Pente de la longueur maximale

sélectifs le long des pentes de ces monts nous permettent de formuler des hypothèses concernant les couches plus profondes de l'écorce, que nous croyons être à découvert dans le bas des pentes.

Barrett et Aumento, 1970 ont formulé une hypothèse du genre en se basant sur la vitesse des ondes sismiques de pression pour différencier les couches de l'écorce. La quasi-verticalité du bloc faillé signifie qu'au moins 1,5 kilomètre de la section géologique est représenté par les échantillons de dragage. La consistance des types de roches prélevées par dragage à une distance choisie du sommet montre que la croûte était constituée de couches systématiquement disposées, avant le jeu des dislocations verticales. La couche la plus superficielle du coussin basaltique s'amincit avec son éloignement de l'axe. On attribue ce phénomène à l'érosion, par des processus mécaniques et chimiques, qui se produit au sommet des monts. La couche massive de basalte sous-jacent s'amincit également en s'éloignant de l'axe, de sorte qu'en apparence il se produit un amincissement progressif de la couche métamorphosée de gabbro et de basalte, avec l'éloignement de l'axe. La vitesse moyenne des ondes de pression dans le basalte, le metabasalte et le métagabbro, s'accroît de l'un à l'autre, dans l'ordre. On soupçonne que les roches métamorphiques plus riches et plus profondes que celles qui sont observées ici auront des vitesses de propagation comparables à celles de la couche n° 3. Les roches draguées près de la base des monts touchés par la dislocation pourraient alors être représentatives des roches de la couche profonde n° 3.

L'étude des anomalies gravimétriques (Woodside, 1972) complète ce tableau d'ensemble. Les anomalies gravimétriques à l'air libre, sur un sol accidenté, reflètent la topographie du sol. Il faut arriver à supprimer l'effet exercé par la topographie pour enregistrer plus nettement celui des bouleversements géologiques sous-jacents. À cause du caractère accidenté du sol, la forme prise par les courbes d'anomalies dépend beaucoup de la masse spécifique du matériel choisi pour remplacer la colonne d'eau. Près de la valeur optimale, on constate une moins bonne corrélation entre l'anomalie de Bouguer et la topographie, sans que le profil d'anomalies devienne plus uniformément régulier. Il s'ensuit que le choix d'aucune masse spécifique ne peut éliminer l'anomalie résiduelle, qui confirme la non-homogénéité géologique. L'anomalie gravimétrique résulte de différences en profondeur de la masse spécifique, lesquelles, sur la dorsale, reflèteraient la répartition des types de roches ou de la température en fonction de la profondeur. Avec le temps, les forces qui rétablissent l'équilibre isostatique de la croûte redresseront cette dernière de façon à corriger l'anomalie. L'absence d'une étroite corrélation entre le champ d'attraction terrestre et l'état actuel du Fossé médian donne à penser que la position actuelle du Fossé est trop récente pour avoir permis un rétablissement de l'équilibre isostatique. Il est possible aussi que des forces liées à la convection du manteau maintiennent ce déséquilibre. Dans l'un ou l'autre cas, on peut supposer que la configuration physique du Fossé implique une constante de courte durée comparativement aux phénomènes de formation des chaînes de la dorsale. Le Fossé médian semble être un trait morphologique de courte durée, formé rapidement par une intensification soudaine de l'activité tectonique, puis oblitéré par l'apparition de volcans sur les flancs, avant la formation d'un nouveau fossé à quelques dizaines de kilomètres de l'axe.

Dans toute l'aire étudiée, le gradient calculé de l'anomalie gravimétrique (Bouguer) en fonction de la profondeur vaut à peu près la moitié de celui qu'on calcule pour le bassin de l'Atlantique Ouest. On en déduit que le poids des montagnes

axiales n'est pas corrigé par des ondulations au niveau de la ligne de contact croûte-manteau, mais que le manteau supérieur doit présenter un défaut de densité, ou que des forces tectoniques sont à l'oeuvre pour soutenir les chaînes. Selon Woodside (1972), les résultats gravimétriques confirmeraient la théorie voulant que la direction et la vitesse d'expansion du fond océanique aient changé il y a environ 10 millions d'années, et que la vitesse en direction est ne soit pas la même qu'en ouest. À l'échelle océanique, la direction et la vitesse d'expansion sont le plus facilement déterminées par l'étude des profils magnétiques, donc par les lignes magnétiques. À 45° N., nous avons obtenu assez de lectures magnétiques pour dresser une carte de la région. Notons que celle-ci n'indique pas clairement toutes les lignes de la série. Les seules à être bien définies correspondent à la période en cours (période de Bruhnes) depuis la dernière inversion du champ magnétique terrestre, au-dessus du Fossé, avec les lignes correspondant à l'anomalie n° 5, soit l'isochrone de 10 millions d'années. Nous avons dû recourir à une technique très perfectionnée de pondération directionnelle pour distinguer le signal magnétique du bruit ambiant causé par les bouleversements tectoniques tels que les dislocations en blocs faillés et la poussée de plis diapirs. Nous avons pu toutefois démontrer que le schéma magnétique était conforme à celui du modèle mondial de l'expansion du fond océanique; la vitesse équivaut à 1,28 cm par année vers l'ouest et à 1,10 cm par année vers l'est.

Une autre étude des données magnétiques, menée par Bhattacharyya, Hyndman et Keen en 1975, a donné lieu à une interprétation légèrement différente. Ces derniers ont suggéré que la direction géologique globale moyenne était de 017° E. dans le secteur étudié et que la région était formée de segments orientés à peu près nord-sud, décalés tous les 10 à 15 km. Ils ont aussi mentionné l'existence d'un vieil axe d'expansion près de 45° 20' N., 29° 20' O., à environ 70 km à l'ouest de l'actuel Fossé médian. Il aurait pu se former là au moins 20 km de fond océanique, au cours d'une période de 5 millions d'années.

NOUVELLES CONSIDÉRATIONS SUR LA DORSALE MÉDIO-ATLANTIQUE

Depuis 1972, des océanographes britanniques poursuivent la recherche dans le secteur de 45° N. Leurs études de la sismique terrestre sont très intéressantes, particulièrement en ce qu'elles pourraient mener à formuler une meilleure hypothèse de l'origine du Fossé médian. Les expériences de réfraction sismique au moyen de sismomètres disposés sur le fond océanique permettront d'obtenir une meilleure définition de la structure de l'écorce et du manteau supérieur. Notre intérêt immédiat se porte cependant sur les travaux de M. A.S. Laughton et de ses collaborateurs, menés à bord du RRS *Discovery* en 1975. À cette occasion, les spécialistes ont employé un sonar de profondeur à longue portée, le *Gloria*, qui nous a donné une vision différente du secteur. Les renseignements recueillis alors devraient résoudre les questions soulevées par l'examen des données magnétiques et gravimétriques relatives d'une part à la direction et aux variations de direction des axes géologiques, d'autre part aux caractéristiques des failles et du rift dans le secteur étudié (Whitmarsh et Laughton, 1976).

Gloria est un sonar latéral à longue portée, mis au point à l'Institute of Oceanographic Sciences, de Wormley, en Angleterre. Dans les grands fonds océaniques et dans des conditions idéales (temps clément favorisant le remorquage, bon rapport signal/bruit ambiant; réfraction minimale de l'onde sonore), sa portée maximale atteint 27 kilomètres. L'impulsion sonore met 36 secondes pour effectuer le parcours navire-cible et retour. Le groupement de transducteurs et de méca-

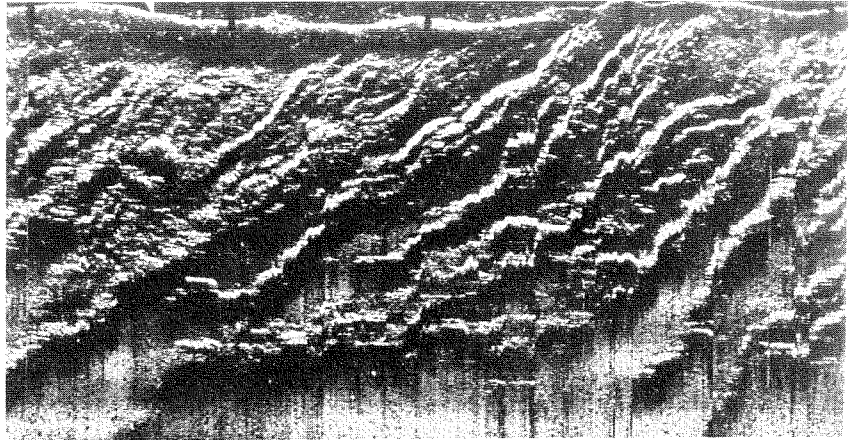
nismes de contrôle est remorqué à l'arrière du navire, par 100 mètres de profondeur. L'ensemble pèse 6,7 tonnes à l'air — 3,5 dans l'eau — et constitue sans doute l'un des instruments océanographiques les plus encombrants. Mais l'extraordinaire qualité de ses enregistrements du fond marin compense les inconvénients. Les renseignements qu'il livre sont uniques et c'est pour nous une chance extraordinaire qu'il ait été utilisé dans l'étude de la zone voisine du 45° N. et pour compléter d'autres données scientifiques déjà existantes.

Pendant l'expédition n° 73 du *Discovery* en juillet 1975, un levé de 2250 kilomètres a été effectué le long de tracés orientés en direction 050° — 230°. La distance moyenne entre les tracés était de 12,5 kilomètres, ce qui signifie un recouvrement des zones balayées de 20 à 50 p. cent.

La photographie suivante est un enregistrement typique de ce qui fut obtenu avec le *Gloria*. Le navire suivait le cap 230° et *Gloria* balayait le côté tribord, en direction 320°. L'enregistrement commence à la hauteur du Fossé médian (15 h 00 à 16 h 00). Il est tacheté : marque de la présence de petits renflements invisibles à incidence normale. Les échos plus puissants entre 16 h 30 et 19 h 00 reproduisent le flanc occidental du Fossé. Les crêtes presque parallèles apparaissent clairement, sans doute parce que l'incidence du signal s'approche davantage de la normale sur les flancs exposés des blocs inclinés. Les pentes basses du mont Confédération sont balayées entre 16 h 00 et 17 h 00 à portée maximale, mais ne renvoient aucun écho net et sont moins bien définies, probablement à cause des pierriers et de l'accumulation de débris sédimentaires. L'enregistrement montre deux mouvements très nets de lacet. Entre 17 h 30 et 17 h 35 et entre 18 h 00 et 18 h 05, le gyrocompas du *Gloria* a indiqué des déviations supérieures à 5°. Les segments droits correspondants, parallèles à la route du navire (voir la photo), et les longues cibles linéaires apparemment mobiles, correspondent à des phénomènes artificiels. En supprimant ces derniers, on obtient une suite ininterrompue d'échos presque parallèles d'un bout à l'autre de l'enregistrement.

L'interprétation des enregistrements du *Gloria* exige des connaissances approfondies en la matière, et une comparaison minutieuse des images sonar avec les profils bathymétriques pris à angles droits de la «fenêtre» du sonar. Il faut faire cette comparaison pour parvenir à identifier chaque cible sur l'enregistrement et aussi pour supprimer les éléments d'origine artificielle occasionnés par les petites erreurs de navigation, la dérive, les mouvements de lacet du corps remorqué, la distorsion provoquée par la projection inclinée, ainsi que l'effet des ombres et de l'interférence résultant de l'existence d'un relief à proximité de la trajectoire suivie par le bateau.

La configuration d'ensemble de la dorsale Médio-Atlantique est reproduite dans la figure suivante. Il s'agit d'une mosaïque de tous les sonogrammes obtenus par les levés du *Discovery*. On aura déjà noté la tendance nette du relief, de 015° à 020° E. Une fois décelés les mouvements de lacet et les erreurs de navigation, on obtient une représentation des cibles remarquable par sa linéarité et sa continuité. Certains escarpements et crêtes s'étendent sur 30 à 50 kilomètres. Il n'y a pas de zone de fracture détectable, sauf peut-être une cible d'environ 12 kilomètres de longueur sur le plan est-ouest, près de Twin Peaks (45° 45' N., 29° 16' O.), qui pourrait révéler une légère dislocation dans le secteur le plus large du Fossé. On ne peut manquer d'observer, à l'examen de la mosaïque, que les traits dominants révélés par l'écho-sondeur, par exemple le rift ou les monts importants, ne sont pas mis en relief dans les enregistrements du *Gloria*. Ainsi,



Enregistrement de 4 heures fourni par le *Gloria* au-dessus du Fossé médian. Le sonar « regarde » vers le nord-ouest; le bateau suit le cap 230° à la vitesse de 1,25 km/h. (LOA 4222)

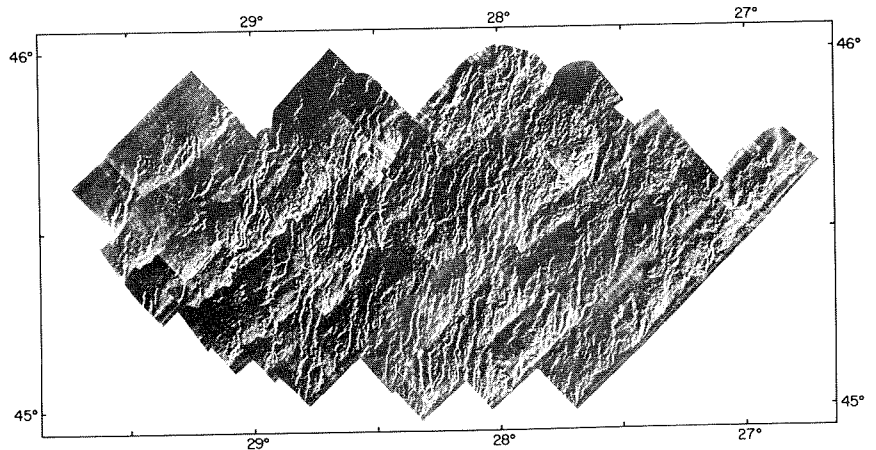
le balayage latéral comble une lacune entre les cartes géomorphologiques dressées à partir des profils obtenus des échos-sondeurs et la photographie du sol marin.

La principale conclusion tirée de l'examen de la mosaïque est que la configuration tectonique globale révèle une orientation uniforme, environ 15° N.-É.; il n'y a pas de déplacement marqué, ni de déplacement systématique. Par ailleurs, l'abondance et la netteté des cibles témoignent du nombre considérable de grands plans exposés, d'escarpements et de crêtes. Des enquêtes plus poussées aideront sans doute à décrire les forces et les phénomènes tectoniques qui accompagnent ou suivent la formation des marges d'accroissement par accretion des plaques tectoniques.

QUELQUES PROBLÈMES À RÉSOUDRE DANS LES FUTURS TRAVAUX DE RECHERCHE

À maints égards, l'étude de la dorsale Médio-Atlantique n'en est qu'à ses débuts. Dans le cadre du programme international de forage des fonds océaniques (IPOD : International Program of Ocean Drilling), le premier forage profond à 45° N. a été terminé à la fin de l'été de 1976. Les résultats n'étaient pas encore publiés au moment d'écrire ces lignes. La séismométrie des fonds océaniques a bouleversé le domaine des études séismiques en mer et les nouvelles techniques d'interprétation permettront de mieux déterminer la structure de la croûte et de délimiter les cadres de modèles physiques plausibles. L'emploi de submersibles pouvant atteindre les plus grandes profondeurs permettra sans doute de dresser des cartes géologiques du fond marin beaucoup plus précises, et d'améliorer ainsi la fidélité des modèles géologiques. Ces travaux devraient faciliter la résolution des quatre grands problèmes de l'heure :

1° La cause des anomalies magnétiques de fond marin demeure inconnue : des analyses du champ potentiel ont donné naissance à toute une série de modèles pouvant reproduire le champ magnétique tel qu'il est observé. Ces derniers présentent des caractéristiques de magnétisation (et de direction) assez uniformes dans les premières centaines de mètres de la croûte — dans la couche n° 2. Or, des forages ont été pratiqués dans cette couche et les mesures effectuées sur les échantillons ont démontré que les anomalies magnétiques n'en dépendent pas, du moins dans les secteurs explorés. En outre, contre toute attente, beaucoup de roches prélevées présentaient une magnétisation inverse. Comme c'est sur l'alternance des zones d'anomalies positives et négatives en bandes que reposait initialement l'hypothèse de la tectonique par déplacement de plaques, il est essentiel de déterminer la source des anomalies.



Mosaïque des enregistrements de balayages latéraux effectués au cours de l'expédition de 1975 du RRS *Discovery*. Le balayage latéral a été effectué en direction N.-O. (LOA 4223)

2° Le Fossé médian. Il n'existe aucune explication satisfaisante de l'origine du Fossé médian, trait morphologique le plus caractéristique des crêtes en lente expansion. De récents travaux sismiques, très poussés, devraient être particulièrement intéressants à cet égard. Néanmoins, nous sommes encore loin d'une explication satisfaisante du double phénomène de la profondeur du Fossé et de la hauteur des chaînes axiales.

3° La nature des forces qui sont à l'origine de la dérive continentale. Bon nombre d'instituts ont concentré leurs recherches sur les chaînes de la dorsale dans l'espoir de découvrir des indices quant à la nature du processus qui engendre la dérive continentale. On s'accorde généralement à dire, parmi les géoscientifiques, qu'il s'est produit des mouvements horizontaux à grande échelle de l'écorce terrestre au cours des derniers 200 millions d'années. Le fait que nous ne possédons pas d'explication satisfaisante de l'origine de ce phénomène constitue une situation embarrassante : la théorie de la tectonique par déplacement de plaques ne peut se comprendre sans une description des forces exercées. L'étude des seules chaînes de la dorsale ne pourra fournir toutes les réponses cherchées, mais permettra du moins de mieux cerner les éléments du problème.

4° Les processus géologiques liés aux marges d'accroissement par accréation. Certains peuvent jouer un rôle important dans la formation des zones de minéralisation contenant des minerais métallifères. L'évolution magmatique et tectonique, accompagnée de métamorphisme à divers degrés, peut mener à la formation de sulfures métalliques. Il faut ajouter la circulation hydrothermique de l'eau de mer dans les fissures des roches refroidies rapidement et fracturées, qui peut entraîner un lessivage des sels et un dépôt de sédiments métallifères du même type que ceux qui furent trouvés dans les cuvettes de «saumure chaude» de la mer Rouge. Le forage direct de la roche dure dans la dorsale Médio-Atlantique ne semble guère réalisable dans un proche avenir, mais il faut se garder de sous-estimer les ressources d'une technique en plein essor. A tout événement, la découverte du mécanisme à l'origine des dépôts de minerais métallifères ne peut que conduire au perfectionnement de nos méthodes d'exploration sur terre et nous mener à la découverte de nouvelles ressources.

Bibliographie

ADE-HALL, J., F. AUMENTO, J.P.C. RYALL, R.E. GERSTEIN, J. BROOKE ET D.L. McKEOWN —1973— *The Mid-Atlantic Ridge near 45° N. XXI. Magnetic results from basalt drill cores from the Median Valley*, dans *Can. J. Earth Sci.*, n° 10, p. 679 à 696.

ADE-HALL, J., P. LOWRIE, N.D. OPDYKE ET F. AUMENTO —1973— *Deep Drill — 1972 : The paleomagnetism of a long succession of submarine lavas from Bermuda*, [Résumé], dans *EOS, Trans. Am. Geophys. Un.* 54, p. 486.

AUMENTO, F. —1968— *The Mid-Atlantic Ridge near 45° N. II. Basalts from the area of Confederation Peak*, dans *Can. J. Earth Sci.*, n° 5, p. 1 à 21.

AUMENTO, F. —1969— *The Mid-Atlantic Ridge near 45° N. V. Fission track and ferro-manganese chronology*, dans *Can. J. Earth Sci.*, n° 6, p. 1431 à 1440.

AUMENTO, F. ET H. LOUBAT —1971— *The Mid-Atlantic Ridge near 45° N. XVI. Serpentinized ultramafic intrusions*, dans *Can. J. Earth Sci.*, n° 8, p. 631 à 663.

AUMENTO, F. ET K.D. SULLIVAN, —1974— *Deep Drill investigations of the oceanic crust in the North Atlantic*, dans *The Geodynamics of Iceland and the North Atlantic Area*, compte rendu préparé par L. Kristjansson, *NATO Advanced Study Inst.*, Reykjavik, Islande, du 1^{er} au 7 juillet 1974, D. Reidel Publ. Co., Hollande et E.-U., p. 83 à 103.

BARRETT, D.L. ET F. AUMENTO —1970— *The Mid-Atlantic Ridge near 45° N. XI. Seismic velocity, density, and layering of the crust*, dans *Can. J. Earth Sci.*, n° 7, p. 1117 à 1124.

BHATTACHARYYA, P.J., R.D. HYNDMAN ET M.J. KEEN —1975— *The Mid-Atlantic Ridge near 45° N. XXII. Analysis of bathymetric and magnetic data*, dans *Can. J. Earth Sci.*, n° 12, p. 337 à 346.

HEEZEN, B.C., M. THARP ET M. EWING —1959— *The floors of the oceans. I : The North Atlantic*, dans *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.*, n° 65, p. 125.

HILL, M.N. —1960— *A Median Valley of the Mid-Atlantic Ridge*, dans *Deep Sea Res.*, n° 6, p. 193 à 205.

IRVING, E. —1970— *The Mid-Atlantic Ridge at 45° N. XIV. Oxidation and magnetic properties of basalts; review and discussion*, dans *Can. J. Earth Sci.*, n° 7, p. 1528 à 1538.

KEEN, M.J. ET K.S. MANCHESTER —1970— *The Mid-Atlantic Ridge near 45° N. X. Sediment distribution and thickness from seismic reflection profiling*, dans *Can. J. Earth Sci.*, n° 7, p. 735 à 747.

LONCAREVIC, B.D. —1976— *Brief Review of exploration of the Mid-Atlantic Ridge near latitude 45° N., and a partly annotated bibliography of the study area, 1960-1975*, dans *Mid-Atlantic Ridge* [préparé par P.A. Rona], dans *Geol. Soc. Am. Inc. Microform Publ.*, n° 5, p. 451 à 470.

LONCAREVIC, B.D., C.S. MASON ET D.H. MATTHEWS —1966— *The Mid-Atlantic Ridge near 45° North. I. The Median Valley*, dans *Can. J. Earth Sci.*, n° 3, p. 327 à 349.

LONCAREVIC, B.D. ET R.L. PARKER — 1971— *The Mid-Atlantic Ridge near 45° N. XVII. Magnetic anomalies and ocean floor spreading*, dans *Can. J. Earth Sci.*, n° 8, p. 883 à 898.

MUIR, I.D. ET C.E. TILLEY —1964— *Basalts from the northern part of the rift zone of the Mid-Atlantic Ridge*, dans *J. Petrol.*, n° 5, p. 409 à 434.

OSBORN, S. —1870— *The geography of the bed of the Atlantic and Indian Oceans and Mediterranean Sea*, dans *J. Roy. Geograph. Soc.*, n° 41, p. 46 à 58.

WHITMARSH, R.B. ET LAUGHTON —1976— *A long-range sonar study of the Mid-Atlantic Ridge crest near 37° N. (Famous area) and its tectonic implications*, dans *Deep Sea Res.*, n° 23, p. 1005 à 1023.

WOODSIDE, J.M. —1972— *The Mid-Atlantic Ridge near 45° N. XX. The gravity field*, dans *Can. J. Earth Sci.*, n° 9, p. 942 à 959.

«POURQUOI? PARCE QUE C'EST LÀ!»



Gracieuseté du Halifax-Herald L.td.

Nous remercions **Mme B. Pinel-Alloul**,
du département de Biologie
de l'université de Montréal,
pour l'aide indispensable
qu'elle nous a apportée dans le travail
de traduction
de l'exposé qui suit, sur
la surdispersion du phytoplancton.

(N.D.É.)

La surdispersion du phytoplancton

Trevor C. Platt et Kenneth L. Denman (Laboratoire d'écologie marine).

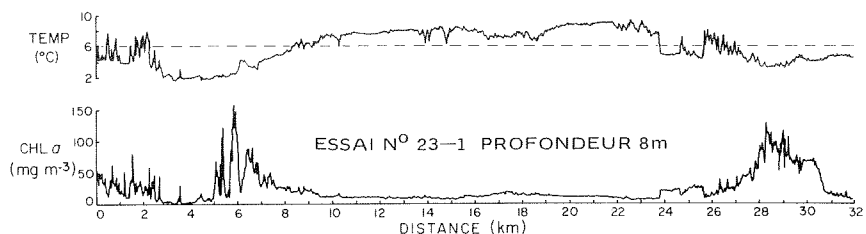
La variabilité spatiale de l'environnement et l'organisation des organismes sont deux des facteurs essentiels au maintien de la stabilité des écosystèmes (Huffaker, 1958; Smith, 1972; May, 1973). Les études du Laboratoire d'écologie marine touchent évidemment aux écosystèmes marins. Nous étudions en particulier le phytoplancton, c'est-à-dire les plantes microscopiques qui flottent librement et qui, dans l'océan, se chargent de la conversion de l'énergie solaire en énergie assimilable par le reste de l'écosystème.

La répartition des populations phytoplanctoniques dépend étroitement de leur milieu (Steele, 1974), car la durée d'une génération chez ces organismes (temps de doublement de leur concentration) est du même ordre de grandeur que la durée d'un cycle de marée, d'une tempête, d'un cycle journalier de réchauffement et de refroidissement, etc.; ceux-ci induisent tous des mouvements de l'eau et, par là même, la dispersion passive des organismes phytoplanctoniques. En outre, on peut mesurer la répartition spatiale du phytoplancton et l'intensité du phénomène de dispersion. Ce sont ces considérations qui, récemment, ont suscité un vif intérêt pour l'étude de l'hétérogénéité sur le plan spatial du phytoplancton dans les océans et dans les lacs.

Dans la mer, les populations phytoplanctoniques se répartissent dans un espace tridimensionnel. La stratification verticale du phytoplancton dépend des gradients verticaux de densité de l'eau elle-même, et de la diminution exponentielle de la lumière avec la profondeur. Ces facteurs imposent des contraintes particulières à la dynamique des populations de plancton, contraintes de nature totalement différente de celles qui produisent la dispersion sur le plan horizontal. C'est de l'hétérogénéité sur le plan horizontal, que l'on appelle surdispersion (voir la figure de la page suivante), dont nous traiterons ici.

Les principaux objectifs de l'étude de l'hétérogénéité du plancton dans l'espace sont : de décrire le phénomène, en particulier d'en déterminer les échelles spatio-temporelles caractéristiques sous différentes conditions; d'en expliquer l'origine et la persistance; de quantifier les relations existant entre les composantes physiques et biologiques de l'écosystème et d'en évaluer l'importance pour le comportement et la stabilité de l'écosystème.

L'un des buts principaux du laboratoire est d'améliorer notre compétence à prévoir la production biologique des écosystèmes naturels. En ce qui concerne l'application de modèles mathématiques à la production du phytoplancton, une bonne compréhension de la surdispersion est importante pour plusieurs rai-



Variabilité de la répartition du phytoplancton dans l'estuaire du bas Saint-Laurent d'après la concentration de la chlorophylle a. (LOA 3656)

sons. Elle nous permet d'évaluer la fiabilité de l'échantillonnage et d'estimer la valeur probable de l'erreur due à l'observation de l'état initial de l'écosystème. Cette valeur doit être connue si l'on veut résoudre numériquement les équations différentielles qui permettent de calculer la concentration du phytoplancton (biomasse) à des périodes subséquentes et en tout point de l'écosystème. De même, la détermination par l'observation des échelles spatiales caractéristiques facilite la détermination des paramètres de la surdispersion, ceci dans le but de construire des modèles en réseau pour la biomasse. Cette détermination des paramètres est nécessaire car les échelles sont généralement plus petites qu'un espace courant de quadrillage. L'amplitude et la distribution des fluctuations sont importantes pour calculer les effets des seuils et des discontinuités dans le système d'équations. (Platt et Denman, 1975.) Enfin, la connaissance de la surdispersion permet de construire des modèles trophiques généraux de l'écosystème marin car, pour un grand nombre d'organismes (y compris les espèces de poissons commerciaux) ayant un stade larvaire planctonique, on croit que la survie des larves dépend principalement d'une concentration de nourriture supérieure à la moyenne à une phase clé de leur développement (Conover, 1968; Jones, 1973; Lasker, 1975).

UN EXEMPLE DANS LES PÊCHERIES

Lasker, en 1975, a donné un exemple probant des implications de la surdispersion du phytoplancton dans les pêcheries. Au cours de ses travaux sur les larves de l'Anchois du Nord (*Engraulis mordax*) écloses en laboratoire, il a pu étudier leur comportement alimentaire en milieu contrôlé. Les larves qui s'alimentent pour la première fois peuvent absorber du phytoplancton, mais parmi les conditions requises pour une bonne alimentation le nombre de particules alimentaires par unité de volume dans le milieu où vit la larve doit dépasser un certain minimum. En outre, plus la concentration des particules est élevée, plus les périodes d'alimentation sont fréquentes et plus la larve a de chances de capturer de la nourriture. Lasker a réussi à mettre dans le milieu d'étude (côte de la Californie) des larves écloses en laboratoire, afin de vérifier si la quantité de nourriture présente dans l'eau suffisait à leur bonne alimentation. Il a constaté qu'en surface l'alimentation était à son minimum mais qu'elle était beaucoup plus intensive dans les couches plus profondes où vivaient des organismes phytoplanctoniques d'au moins 40 micromètres environ, à des densités de 20 à 40 particules par millilitre. En mars et avril 1974, il a observé une épaisse couche de phytoplancton, de 100 kilomètres de longueur, qui assurait avec succès l'alimentation des larves. Une tempête vint mélanger la couche supérieure de la colonne d'eau, sur une profondeur de 20 mètres et dissipa la couche de phytoplancton, détruisant alors la zone d'alimentation des larves d'Anchois. Comme de bonnes conditions ali-

mentaires doivent être garanties dans les deux jours et demi qui suivent le moment où les larves peuvent absorber de la nourriture, cette tempête causa la mort des larves. Lasker insiste sur la nature transitoire des conditions de bonne alimentation. Une meilleure compréhension de la variabilité horizontale et verticale de l'abondance du phytoplancton nous permettra de mieux connaître les procédés par lesquels le milieu influence la survie des larves de nos espèces de poissons commerciaux.

ÉCHELLES CARACTÉRISTIQUES

L'étude de l'hétérogénéité spatiale du phytoplancton en est encore à ses débuts. Grâce aux travaux réalisés, nous pouvons toutefois fixer certaines limites aux échelles de la surdispersion actuellement connue, sachant qu'il est impossible de dissocier complètement les résultats obtenus des méthodes d'échantillonnage utilisées.

Nous discuterons seulement des études portant sur les fluctuations de la biomasse du phytoplancton dans son ensemble, qui est habituellement estimée par la concentration de la chlorophylle *a* dosée automatiquement *in situ*. Quelques recherches (Richerson et autres, 1975) se rapportent à des espèces étudiées séparément, mais pour prévoir la production de toute la population de phytoplancton, ces études sont d'un moindre intérêt. Platt et ses collaborateurs ont examiné en 1970 la variance des dosages de chlorophylle effectués à des stations fixées dans des agrégats de différentes tailles dans une baie exposée (baie St. Margaret, Nouvelle-Écosse). Le rapport entre la variance et la taille des agrégats donnait comme estimation de la taille caractéristique des agglomérats des valeurs variant de 0,5 à 1,6 kilomètre. Une étude semblable menée dans une baie à demi fermée (bassin de Bedford, Nouvelle-Écosse), mais portant sur le taux réel de croissance du phytoplancton, rapportait des tailles d'agglomérats comprises entre 0,8 et 1,9 kilomètre (Platt et Filion, 1973). Des essais préliminaires d'analyse spectrale de données obtenues par échantillonnage ponctuel de la concentration de la chlorophylle en zone côtière (Platt et autres, 1970) suggèrent une échelle de 1 à 2 kilomètres pour les agrégats de plancton. Dans le golfe du Saint-Laurent, d'après des analyses statistiques des fluctuations de la chlorophylle et de la température dans la couche de surface (Denman et Platt, 1975), la taille des agrégats de phytoplancton serait inférieure à 5 kilomètres environ. Des mesures similaires faites au lac Tahoe (Powell et autres, 1975) indiquent une échelle d'environ 100 mètres.

En plus d'évaluer les échelles caractéristiques à partir de mesures dans le milieu, on peut aussi faire des calculs théoriques; mais, ici encore, l'avancement des travaux est minime. La première tentative faite par Kierstead et Slobodkin, en 1953, détermina l'échelle caractéristique pour laquelle les effets antagonistes de la diffusion turbulente et de la croissance du phytoplancton s'équilibraient. En tenant compte de la relation existant entre le coefficient de diffusion turbulente et l'échelle de longueur des courants de turbulence (Okubo, 1971), on a démontré (Platt et Denman, 1975) qu'on obtient ainsi, pour la surdispersion du phytoplancton, des échelles de longueur caractéristiques comprises entre 50 et 100 mètres. Okubo (1974) calcula, quant à lui, une étendue de longueur de 100 à 1000 mètres, à l'aide d'une méthode quelque peu différente.

Deux raisons au moins expliquent pourquoi ces calculs simplistes tendent à sous-estimer la longueur des agrégats du phytoplancton. Premièrement, les condi-

tions limites utilisées dans la formule originale de Kierstead et de Slobodkin excluent la possibilité de croissance du phytoplancton hors des agrégats. Il serait plus réaliste de tenir compte d'une croissance à l'extérieur de l'agrégat, mais à un taux différent de celui qui prévaut à l'intérieur. En second lieu, l'effet du broutage par le zooplancton herbivore a été négligé. Si l'effet du broutage est pris en considération, l'échelle de longueur appropriée atteint alors 1 kilomètre environ, valeur pour laquelle la croissance du phytoplancton et le broutage du zooplancton s'équivalent (Platt et Denman, 1975).

Les études précitées indiquent que sur le plan horizontal les échelles de grandeur des agrégats se situent entre 100 mètres et 10 kilomètres. L'étendue correspondante des échelles temporelles est d'environ 3 heures (durée minimum d'une génération du phytoplancton) à 2 semaines (longévité de la plus grande agglomération de zooplancton étudiée de façon systématique, soit par Cushing 1963).

Ce qui affaiblit le principe même des évaluations des échelles caractéristiques est le fait que ces évaluations ne considèrent les effets que sur un seul agrégat. En réalité, des agrégats existent dans toute l'étendue des échelles spatiales, comme on peut le voir d'après les spectres de variance (figure ci-contre) qui séparent la variance d'une série de données en fonction des échelles spatiales considérées.

SPECTRE DE VARIANCE THÉORIQUE

Une des meilleures méthodes pour décrire le caractère hétérogène de la répartition spatiale du phytoplancton consiste à doser de façon continue la concentration de chlorophylle dans l'océan et à présenter les résultats sous la forme d'un spectre de variance en fonction soit du nombre d'ondes¹, soit de la fréquence dans l'espace. Powell et autres (1975), Denman et Platt (1975), Fasham et Pugh (1976) et Denman (1976) ont publié les résultats d'expéditions récentes dont les données ont été analysées selon cette méthode. Les spectres ont d'abord été interprétés suivant l'hypothèse que les organismes phytoplanctoniques seraient transportés de façon passive et dispersés par les mouvements turbulents de l'eau et ils ont été comparés à des spectres de grandeurs scalaires entièrement passives, comme celui de la température. Étant donné que les cellules du phytoplancton se reproduisent continuellement, la concentration en chlorophylle a est une quantité variable, mais la façon dont cette variabilité influence la forme du spectre que l'on peut s'attendre à observer dans l'océan n'est pas encore très définie. À partir de ces discussions d'ordre dimensionnel, nous avons récemment proposé une représentation théorique du spectre de la variance du phytoplancton dans un espace de nombre d'ondes¹; cette représentation théorique est illustrée ci-dessous.

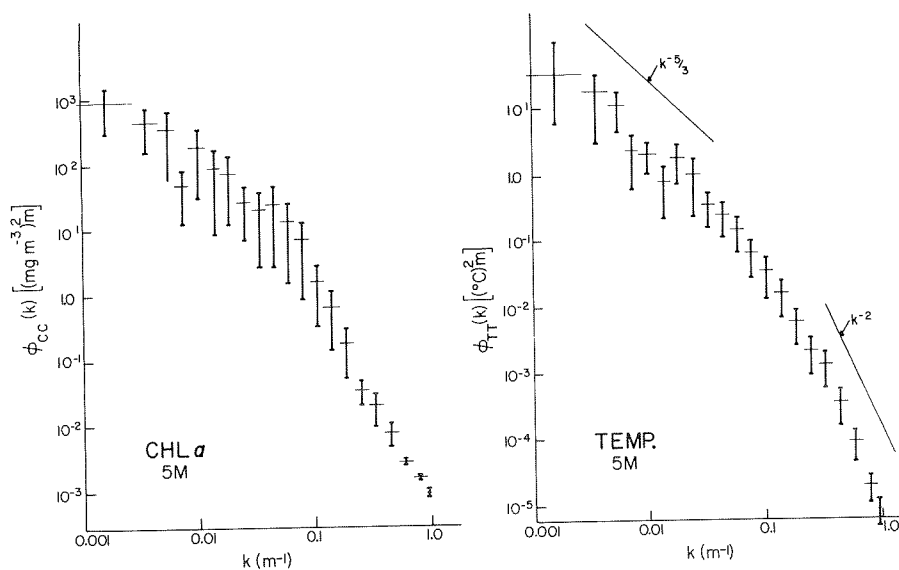
Supposons que l'on puisse caractériser les courants de turbulence dans l'eau par une longueur d'onde d ou, selon la notation habituelle pour les spectres, par le nombre d'ondes d^{-1} . On peut également définir une échelle temporelle τ , temps nécessaire pour qu'un courant de taille (longueur d'onde) d se brise en distribuant son énergie cinétique (variance de la vitesse) à des courants de diamètre $d/2$. Nous comparons cette échelle de temps τ à l'échelle de temps (r^{-1}) caractéristique de la reproduction du phytoplancton, exprimée par l'inverse du taux de

1. D'après Powell et autres (1975), le nombre d'ondes ($1/d$) correspond à l'inverse de la longueur d'onde (d) du mouvement vibratoire (courant de turbulence).

croissance exponentiel r . L'équation générale pour calculer la variance de la chlorophylle en fonction du nombre d'ondes, $E_\beta(k)$, prend alors la forme suivante :

$$(1) E_\beta(k) = A \chi_\beta r^{-1} k^{-1} F(k/k_C)$$

où l'indice β représente la biomasse de la chlorophylle; k , le nombre d'ondes; A , une constante; χ_β , le taux de destruction de la variance de β pour un nombre d'ondes élevé (comme exemple, voir Batchelor, 1959); et F , une fonction indéterminée de la variable k/k_C , où k_C est le nombre d'ondes caractéristique, $k_C = (r^3/\epsilon)^{1/2}$ *, dépendant de r et ϵ (taux de dispersion de l'énergie d'un courant de turbulence). On connaît trois ordres de grandeur pour $E_\beta(k)$, selon l'importance relative de l'échelle de temps τ de la dispersion des courants de turbulence dans



Spectre de variance de la chlorophylle a et de la température à 5 mètres de profondeur dans l'estuaire du bas Saint-Laurent. (LOA 3099)

le milieu et de l'échelle de temps caractéristique r^{-1} de la reproduction du phytoplancton. Pour les grandes échelles, dans le cas où $\tau \gg r^{-1}$ (ou, également $k \ll k_C$), notre hypothèse considère ϵ comme un paramètre négligeable de $E_\beta(k)$ en comparaison au paramètre r , ce qui signifie que les phénomènes biologiques prévalent sur les phénomènes de turbulence. Dans ce cas, la formule (1) prend la forme :

$$(2) E_\beta(k) = A' \chi_\beta r^{-1} k^{-1}$$

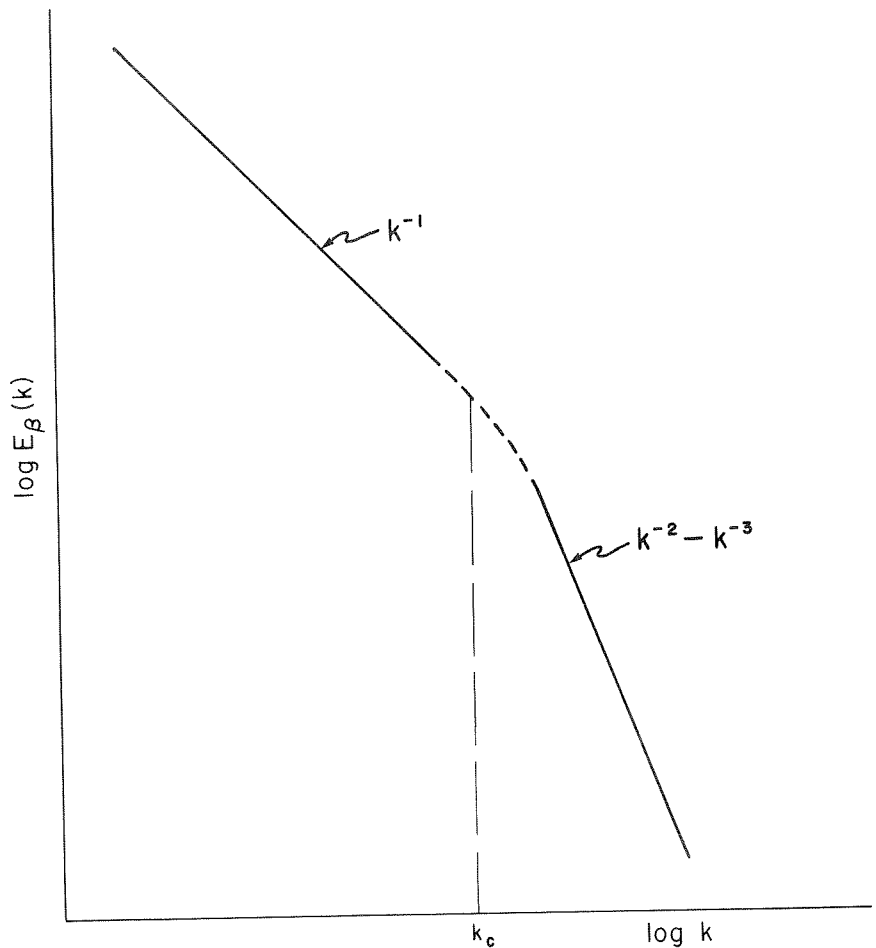
* $k_C = (r^3/\epsilon)^{1/2}$: nombre d'ondes caractéristique pour lequel la croissance du phytoplancton et la dispersion de l'énergie d'un courant de turbulence influencent également la distribution spatiale de la biomasse chlorophyllienne.

où A' est une autre constante. Ce résultat suppose que les différentes espèces de phytoplancton, ayant des taux de croissance spécifiques, partagent une même pente spectrale k^{-1} dans le cas où $k \ll k_c$ (la grandeur de k_c^{-1} est d'environ 1 kilomètre). De même, le spectre de la chlorophylle sera plus plat que celui d'une grandeur scalaire passive et partie intégrante du milieu, comme la température. Les deux autres ordres de grandeur sont : $k \gg k_c$ ($\tau \ll r^{-1}$) où le spectre est semblable à celui d'une grandeur scalaire passive comme la température, en relation avec un nombre d'ondes $E_\beta(k) \propto k^{-5/3}$ (Kolmogoroff, 1941) et $k = k_c$, qui est la zone intermédiaire entre les deux cas précédents.

Ces raisonnements supposent une image simpliste des mouvements de l'eau puisque, à la surface de la mer, les observations du spectre de variance pour la température à ces échelles (Saunders, 1972; Holladay et O'Brien, 1975) ont une dépendance du nombre d'ondes de $k^{-2,2}$ à k^{-3} plutôt que de $k^{-5/3}$. Une dépendance du nombre d'ondes de k^{-2} signifie que les échanges dus à la turbulence se font principalement sur les fronts et les discontinuités; un coefficient de k^{-3} suggère une turbulence à deux dimensions (Kraichnan, 1967), limitée, en dessous, par bas, par la thermocline, plutôt qu'une turbulence tridimensionnelle illimitée, dans toutes les directions. Il s'agit là de considérations peu importantes pour une région qui présente un intérêt essentiellement d'ordre biologique, $k \ll k_c$, où le taux d'échanges physiques dus à la turbulence ne devrait pas être un paramètre et où, d'après nous, la dépendance k^{-1} devrait toujours s'appliquer au spectre de variance de la chlorophylle. Dans le cas où le nombre d'ondes est élevé, $k \gg k_c$, nous prévoyons que $E_\beta(k)$ suivra le spectre de la température $E_\phi(k)$ avec une pente variant de k^{-2} à k^{-3} . La figure ci-contre donne une illustration schématique de ce spectre de variance théorique pour le phytoplancton.

IMPORTANCE DE LA SURDISPERSION

La variabilité horizontale de la biomasse et du taux de reproduction du phytoplancton étant fonction du temps et de l'espace, ses effets seront diminués si, à une station donnée, on calcule la moyenne des mesures en fonction du temps. En analysant l'importance de la variabilité spatio-temporelle dans l'évaluation de la production annuelle du phytoplancton, Platt (1975) a illustré ce phénomène. Ce n'est que récemment que l'on a entrepris d'étudier l'importance de l'hétérogénéité spatiale en se servant de modèles théoriques. En 1972, Segel et Jackson en ont donné l'un des premiers exemples sur le plan écologique. Ils ont montré que, en cas de diffusion, des interactions non linéaires entre les populations des niveaux adjacents de la chaîne alimentaire marine pourraient mettre fin à un état de stabilité et introduire des éléments d'hétérogénéité spatiale dans une certaine bande de longueurs d'ondes. Steele (1974), à la suite d'une étude semblable sur le plancton, a obtenu des résultats équivalents et a montré comment la variance pouvait se transférer entre les échelles de longueurs. Okubo (1974) a lui aussi calculé les effets de l'instabilité créée par la diffusion sur des populations d'espèces en interaction. Prolongeant le travail de Margalef (1967), Richerson et ses collaborateurs (1970) ont conceptualisé l'environnement pélagique comme une mosaïque de microhabitats abritant chacun diverses espèces de phytoplancton dont les caractéristiques de croissance diffèrent. La structure de la mosaïque est considérée assez stable dans le temps pour maintenir la variabilité spatiale du phytoplancton, mais pas au point que la population de chaque microhabitat puisse se réduire à une seule espèce. Ce concept de «déséquilibre contemporain» semble offrir une explication satisfaisante des résultats de l'étude de



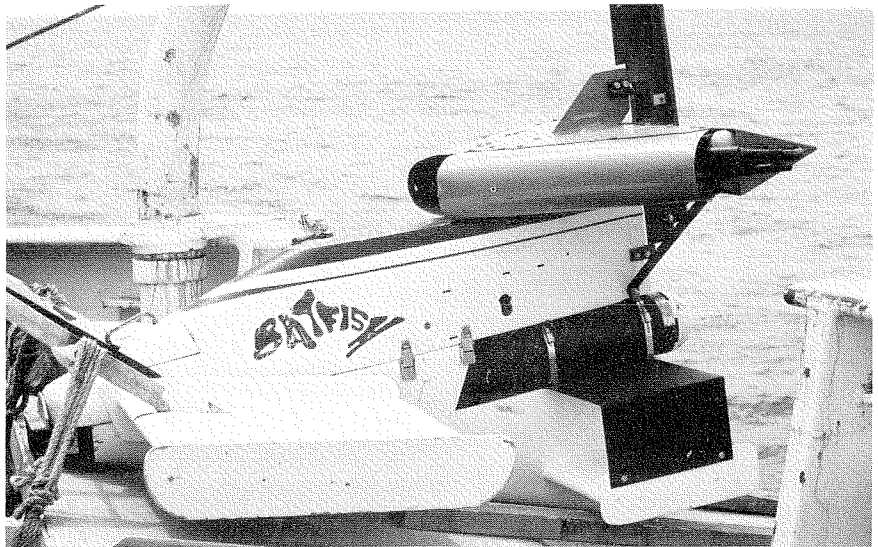
Spectre de variance théorique de la surdispersion du phytoplancton. (LOA 3831)

Platt et Filion (1973) concernant les variations spatiales du taux de reproduction du phytoplancton. Levin et Paine (1974), au cours d'une étude sur l'importance de l'hétérogénéité spatiale pour les modèles écologiques généraux, sont parvenus à une conception similaire de la communauté naturelle; décrite comme «une mosaïque spatio-temporelle de systèmes à petite échelle, vue que les agrégats ou les agglomérats qui les composent ne sont pas des systèmes fermés, mais constituent un réseau intégré avec un constant échange de matière entre eux». Les perturbations du milieu dérangent les séries naturelles de la composition spécifique entre les agrégats et empêchent ces communautés d'atteindre l'équilibre; il convient alors de considérer plutôt les propriétés macroscopiques d'un ensemble d'agrégats plutôt que les propriétés de chaque agrégat. Aux yeux de Levin et Paine, l'hétérogénéité spatiale revêt une telle importance pour la dynamique des communautés qu'ils considèrent l'agrégat comme l'unité fondamentale de la structure de la communauté. Les implications d'une telle hypothèse sont encore à l'étude.

PERSPECTIVES D'AVENIR

Les recherches, tant au LEM qu'ailleurs, notamment celles de Lasker, déjà mentionnées, soulignent la nécessité d'obtenir une image en trois dimensions de la surdispersion biologique dans l'océan. Pour atteindre ce but, nous étudions au Laboratoire d'écologie marine, avec la collaboration de M. Alex Herman, du Laboratoire océanographique de l'Atlantique, la possibilité d'installer un fluorimètre à mesure directe (Variosens, Impulsphysik) sur le Batfish, un appareil remorqué en tanguant.

Cet appareil nous permet d'observer simultanément et avec précision la structure horizontale et la structure verticale de la surdispersion du phytoplancton. La figure ci-contre, concernant le plateau de Scotian, au sud-ouest d'Halifax, fournit un exemple du genre de données très intéressantes que nous pouvons obtenir de cette façon. Cette section de 35 kilomètres est constituée de 114 cycles d'un transect effectué avec le Batfish, dans des eaux à une profondeur moyenne de 150 mètres. On distingue très nettement une zone qui s'étend sur les 10 premiers kilomètres de la section, entre 20 et 30 mètres, où la concentration en chlorophylle est relativement élevée.

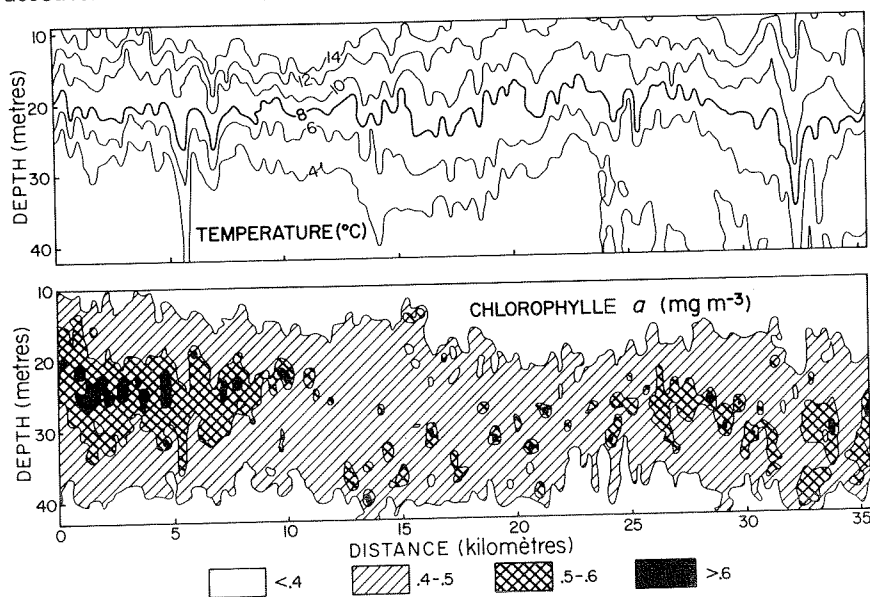


Batfish équipé d'un fluorimètre dans la partie supérieure. (LOA 3520)

En ce moment, nous utilisons le Batfish pour étudier la structure spatiale et dynamique du phytoplancton dans les écosystèmes frontaux du rebord du plateau continental, au sud d'Halifax (Herman et Denman, sous presse). Le Laboratoire océanographique prépare en même temps une étude de la dynamique physique, cause de l'extrême variabilité de ce système frontal. Pingree et autres (1975), grâce à une méthode de mesure raffinée, ont démontré la grande importance de l'interaction de la physique et de la biologie pour la dynamique de la croissance du phytoplancton sur les fronts de marée de la Manche. Ils ont constaté un rapide taux de croissance là où les eaux riches en éléments nutritifs s'étaient récemment mélangées à la couche de surface, le long d'un front de ma-

rée. Des périodes prolongées de marées de morte eau, de vents faibles et de soleil pourraient créer les conditions de calme propice à une poussée phytoplanktonique qui aboutisse à des marées rouges.

L'expérience acquise par le Laboratoire d'écologie marine, aussi bien dans le domaine théorique qu'expérimental, ajoutée aux connaissances techniques en océanographie physique du Laboratoire d'océanographie de l'Atlantique, nous rendent à même de faire, dans les années à venir, d'originales et surprenantes découvertes sur la surdispersion du phytoplankton.



Données portant sur le plateau de Scotian, obtenues par le Batfish. (LOA 3562)

Bibliographie choisie

BATCHELOR, G.K. —1959— *Small-scale variation of convected quantities like temperature in turbulent fluid*, 1^{re} partie, *General discussion and the case of small conductivity*, dans *J. Fluid Mech.*, n° 5, p. 113 à 133.

CONOVER, R.J. —1968— *Zooplankton — Life in a nutritionally dilute environment*, dans *Am. Zool.*, n° 8, p. 107 à 118.

CUSHING, D.H. —1963— *Studies on the Calanus patch. 2. The estimation of algal productive rates*, dans *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, n° 43, p. 339 à 347.

DENMAN, K.L. ET T. PLATT —1975— *Coherences in the horizontal distributions of phytoplankton and temperature in the upper ocean*, dans *Mém. Soc. R. Sci. Liège*, 6^e série, n° 7, p. 19 à 30.

FASHAM, M.J. ET P.R. PUGH —1976— *Observations on the horizontal coherence of chlorophyll a and temperature*, dans *Deep Sea Res.*, n° 23, p. 527 à 538.

- HERMAN, A. ET K.L. DENMAN — *Rapid underway profiling of chlorophyll with and in situ fluorometer mounted on a Batfish vehicle*, dans *Deep Sea Res.* [sous presse].
- HOLLADAY, C.G. ET J.J. O'BRIEN — 1975— *Mesoscale variability of sea surface temperatures*, dans *J. Phys. Oceanogr.*, n° 5, p. 761 à 772.
- HUFFAKER, C.B. —1958— *Experimental studies on predation : dispersion factors and predator-prey oscillations*, dans *Hilgardia*, n° 27, p. 343 à 383.
- JONES, R. —1973— *Density dependent regulation of the numbers of cod and haddock*, dans *Rapp. R.V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer.*, n° 164, p. 145 à 173.
- KIERSTEAD, H. ET L.B. SLOBODKIN —1953— *The size of water masses containing plankton blooms*, dans *J. Mar. Res.*, n° 12, p. 141 à 147.
- KOLMOGOROV, A.N. —1941— *The local structure of turbulence in a incompressible viscous fluid for very large Reynolds number*, dans *Dokl. Akad. Nauk SSSR* n° 30, p. 229 à 303.
- KRAICHNAM, R.H. —1967— *Inertial ranges in two-dimensional turbulence*, dans *Phys. Fluids*, n° 10, p. 1417 à 1423.
- LASKER, R. —1975— *Field criteria for survival of anchovy larvae : The relation between inshore chlorophyll maximum layers and successful first feeding*, dans *Fish. Bull.*, n° 73, p. 453 à 462.
- LEVIN, S.A. ET R.T. PAINE —1974— *Disturbance, patch formation and community structure*, dans *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.*, n° 71, p. 2744 à 2747.
- MARGALEF, R. —1967— *Some concepts relative to the organization of plankton*, dans *Oceanogr. Mar. Biol.*, n° 5, p. 257 à 289.
- MAY, R.M. —1973— *Stability and Complexity in Model Ecosystems*, Princeton University Press, Princeton, NJ, 235 pages.
- OKUBO, A. —1971— *Oceanic diffusion diagrams*, dans *Deep Sea Res.*, n° 18, p. 789 à 802.
- OKUBO, A. —1974— *Diffusion-induced instability in model ecosystems : another possible explanation of patchiness*, Chesapeake Bay Institute, Rapport technique n° 67, 17 pages.
- PINGREE, R.D., P.R. PUCH, P.M. HOLLIGAN ET G.R. FORSTER —1975— *Summer phytoplankton blooms and red tides along tidal fronts in the approaches to the English Channel*, dans *Nature*, n° 258, p. 672 à 677.
- PLATT, T. —1975— *Analysis of the importance of spatial and temporal heterogeneity in the estimation of annual production by phytoplankton in a small, enriched marine basin*, dans *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, n° 18, p. 99 à 109.
- PLATT, T. ET K.L. DENMAN —1975— *A general equation for the mesoscale distribution of phytoplankton in the sea*, dans *Mém. Soc. R. Sci. Liège*, 6^e série, n° 7, p. 31 à 42.
- PLATT, T., L.M. DICKIE ET R.W. TRITES —1970— *Spatial heterogeneity of phytoplankton in a near-shore environment*, dans *J. Off. Rech. Pêch. Can.*, n° 27, p. 1453 à 1473.
- PLATT, T. ET C. FILION —1973— *Spatial variability of the productivity : bio-*

mass ratio of phytoplankton in a small marine basin, dans *Limnol. Oceanogr.*, n° 18, p. 743 à 749.

POWELL, T.M., P.J. RICHERSON, T.M. DILLON, B.A. AGEE, B.J. DOZIER, D.A. GODDEN ET L.O. MYRUP —1975— *Spatial scales of current speed and phytoplankton biomass fluctuations in Lake Tahoe*, dans *Science*, n° 189, p. 1088 à 1090.

RICHARDSON, P., B.T. DOZIER ET B.T. MAEDA —1975— *The structure of phytoplankton associations in Lake Tahoe (California-Nevada)*, dans *Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, n° 19, p. 843 à 849.

RICHERSON, P.J., R. ARMSTRONG ET C.R. GOLDMAN —1970— *Contemporaneous disequilibrium, a new hypothesis to explain the «paradox of the plankton»*, dans *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.*, n° 67, p. 1710 à 1714.

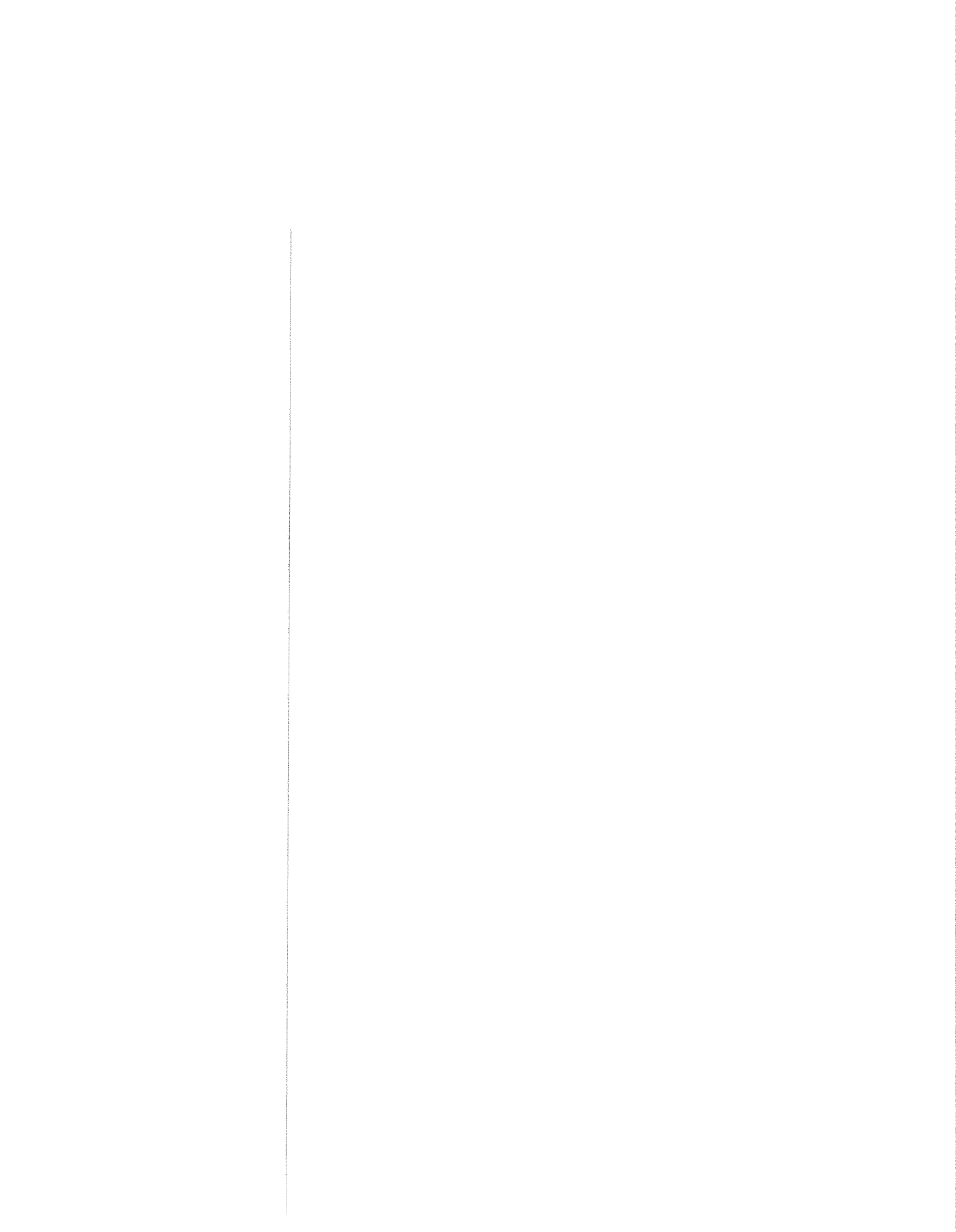
SAUNDERS, P.M. —1972— *Space and time variability of temperature in the upper ocean*, dans *Deep Sea Res.*, n° 19, p. 467 à 480.

SEGEL, L.A. ET J.L. JACKSON —1972— *Dissipative structure : An explanation and an ecological exemple*, dans *J. Theor. Biol.*, n° 37, p. 545 à 559.

SMITH, F.E. —1972— *Spatial heterogeneity, stability, and diversity in ecosystems*, dans *Trans. Conn. Acad. Arts Sci.*, n° 44, p. 307 à 335.

STEELE, J.H. —1974— *The structure of Marine Ecosystems*, Harvard University Press, Cambridge, MA, 128 pages.

STEELE, J.H. —1974— *Spatial heterogeneity and population stability*, dans *Nature*, n° 248, p. 83.



ANNEXES

**Personnel de recherche
et d'étude et cadres
supérieurs**

**Principales
publications, 1975-1976**

**Principales
expéditions, 1975-1976**

**Agrandissement
des installations de l'IOB**

Personnel de recherche et d'étude et cadres supérieurs

A. LABORATOIRE OCÉANOGRAPHIQUE DE L'ATLANTIQUE

C.R. Mann — Directeur suppléant

Océanographie chimique : A. Walton — Chef de division

J. L. Barron	E. P. Jones	R. D. Smillie ^{2,4}
J. M. Bewers	J. D. Leonard ¹	P. M. Strain
A. R. Coote	E. M. Levy	F. C. Tan
C. C. Cunningham	R. Pocklington	P. A. Yeats
R. C. Hiltz	J. N. B. Smith ⁴	W. Young

Océanographie côtière : J.A. Elliott — Chef de division suppléant

D. S. Bezanson ¹	F. J. Jordan	J. W. Pritchard
D. Dobson	K. Kranck	S. J. Reid ⁴
K. F. Drinkwater ²	D. J. Lawrence ³	G. H. Seibert
T. R. Foote	C. S. Mason ³	P. C. Smith
W. D. Forrester ²	J. B. Matthews ²	C. L. Tang
D. N. Gregory	H. J. A. Neu	P. E. Vandall
A. J. Hartling	C. A. Petersen ²	
E. M. Hassan ²	B. D. Petrie ¹	

Hydrographie : R.C. Melanson — Hydrographe régional

A. L. Adams	S. T. Grant	T. B. Smith
R. C. Amero	R. P. Haase	N. J. H. Stuijbergen
R. G. Burke	M. A. Hemphill	M. G. Swim
R. M. Cameron	G. W. Henderson ²	R. L. Tracey
E. J. Comeau	A. D. Kenney ²	J. S. Warren ²
D. L. DeWolfe	G. H. King	K. T. White
G. R. Douglas ³	C. G. Legasse ²	R. K. Williams
S. S. Dunbrack	D. D. LeLievre	G. M. Yeaton ²
R. M. Eaton	J. M. R. Pilote	
V. J. Gaudet	B. J. Mooney	

Météorologie : D.L. McKeown — Chef de division

A. S. Bennett	K. R. George	D. F. Knox
J. J. Betlem	W. W. Hall	M. Stepanczak
J. Brooke	D. R. Harvey	J. P. Thorburn
G. F. Connolly	A. W. Herman	D. E. Wells
J.-G. Dessureault	P. G. Jollymore	W. J. Whiteway
G. A. Fowler	P. F. Kingston	S. W. Young

Circulation océanique : G.T. Needler — Chef de division

R. J. Anderson	W. B. Greifeneder	C. Quon
E. G. Banke	R. M. Hendry ¹	W. D. Regan
B. D. Carson	J. R. N. Lazier	R. F. Reiniger
R. A. Clarke	A. H. Meshal ^{2,1}	C. K. Ross
F. W. Dobson	J. G. Murray	N. Sandstrom
J. A. Elliott	N. S. Oakey	S. D. Smith
S. J. Glazebrook	P. Pozdnekoff	K. T. Tee ¹

Finances et administration : G. Bowdridge¹ — Chef de division

B. V. Anderson	B. G. Martin	L. A. Wood
E. E. McMullin ¹	A. R. Mason	
V. W. Hilchey	W. Thow ²	

Consultation scientifique : C.D. Maunsell, W.B. Bailey⁵

Relations publiques : C.E. Murray⁶

B. LABORATOIRE D'ÉCOLOGIE MARINE

T.C. Platt — Directeur suppléant

Océanographie biologique : T.C. Platt — Chargé de programme

P. C. Beamish	B. D. Irwin	D. L. Peer
R. J. Conover	L. O. Jaroszynski	D. D. Sameoto
K. L. Denman	A. D. Jassby ²	J. C. Smith
S. R. V. Durvasula	P. W. Lehman ¹	S. Taguchi ^{2,1}
M. Hodgson	P. M. Mayzaud ^{2,1}	
T. G. Hughes ²	M. A. Paranjape	

Qualité de l'environnement : D.C. Gordon, Jr.⁷ — Chargé de programme

R. F. Addison	D. H. Loring	W. P. Vass
D. C. Darrow	P. A. Neame ^{1,4}	D. E. Willis
G. C. H. Harding	G. A. Phillips	J. H. Vandermeulen
B. T. Hargrave	N. J. Prouse	M. E. Zinck
P. D. Keizer	R. T. T. Rantala	

Mise au point du matériel : S.A. Paulowich — Chargé de programme

W. B. Fraser

Océanographie des pêches : R.W. Sheldon — Chargé de programme suppléant

P. F. Brodie	E. M. Hassan ²	W. H. Sutcliffe, Jr.
S. J. Crabtree ²	S. R. Kerr ¹	G. B. Taylor
R. G. Dowd	T. C. Lambert	R. W. Trites
R. E. Drinnan ²	B. S. Muir ^{2,8}	D. M. Ware
K. F. Drinkwater ¹	J. McRuer	
K. R. Freeman	R. Shotton	

Administration : M.F. Blaxland — Directeur adjoint (Administration)

H. Buck	R. Edmonds	L. D. Hume
R. E. Duggan ²	H. S. Glover ²	

C. CENTRE GÉOSCIENTIFIQUE DE L'ATLANTIQUE

B.D. Loncarevic — Directeur

B.R. Pelletier² — Coordonnateur des programmes scientifiques

Géologie du pétrole — Section de l'Est : L.P. Purcell — Chef de sous-division

P. Ascoli	P. Hacquebard ¹	L. F. Jansa
M. S. Barss	S. Hada ^{1,4}	W. Jenkins ²
J. P. Bujak ¹	I. A. Hardy	D. C. Umpleby ¹
F. M. Gradstein	I. M. Harris	J. A. Wade
A. C. Grant	R. D. Howie	G. L. Williams

Géologie du milieu marin : D.E. Buckley — Chef de sous-division

C. Amos ^{1,4}	S. B. McCann ¹	G. Vilks
R. E. Cranston ³	E. Owens ²	F. J. E. Wagner
R. A. Fitzgerald	M. A. Rashid	D. A. Walker
D. Frobel ¹	G. E. Reinson ¹	J. Willey ^{1,4}
G. H. E. Joice ¹	K. R. Robertson	G. V. Winters
J. Leonard ²	P. Rosen ^{1,4}	
B. Long ^{1,4}	C. T. Schafer	

Levés de reconnaissance régionaux : D.I. Ross — Chef de sous-division

D. L. Barrett	R. T. Haworth	J. B. MacIntyre
G. B. Fader	H. R. Jackson	B. MacLean
R. K. H. Falconer ¹	W. H. Josenhans ¹	S. P. Srivastava
R. H. Fillon	C. E. Keen	W. J. M. van der Linden
R. A. Folinsbee	L. H. King	J. Woodside ¹

Personnel de soutien (programmes) : K.S. Manchester — Chef de sous-division

V. F. Coady	M. E. Gorveatt	J. A. Nielsen
T. J. Corbett	D. E. Heffler	A. G. Sherin
T. F. Courtney	M. D. Hughes	K. G. Shih
F. D. Ewing	B. L. Johnston	R. Sparkes
C. Godden	D. R. Locke	

Administration : R. Eden — Chef de sous-division

D. Campbell	C. Racine
-------------	-----------

D. RESSOURCES DE L'INSTITUT

R.L.G. Gilbert — Directeur

Navires : E.S. Smith — Chef de division

E. N. Backman	J. R. Gillis	J. A. Rippey
S. Baggs	R. C. Gould	C. J. Ritcey
N. Best	A. M. Holler	B. R. Smith
J. H. Cliff	O. Keeping	R. H. Stone
B. S. C. Conrod	S. W. Lock	L. Strum
J. L. Cohrs	H. J. Martin	J. C. Taylor
H. D. Crowe	G. Matthews	W. Thorne
D. Deer	F. W. Mauger	C. E. Totten
C. Devries	P. K. Mukerjee	G. H. Wilson
J. V. Fraser	L. G. Pride	
F. T. Gay	P. Rafuse	

Services d'ingénierie : D.F. Dinn — Chef de division

R. B. Aggas	E. J. Larsen	W. F. Shearman ²
G. E. Awalt	G. J. MacDonald	S. F. W. Spencer
J. G. Bruce	G. R. MacHattie	G. D. Steeves
G. R. Caldwell	S. B. MacPhee ²	A. C. Stuart
T. Clarke	F. J. Muise	H. B. Sutherland
J. R. Cournoyer	K. M. Nicholson ²	J. G. Vezina

R. E. Delong
J. Etter
W. W. Goodwin
J. F. Greig

A. D. Parsons
C. E. Petersen
C. E. Polson
R. A. Schmeisser

R. N. Vine
R. D. Wardrope
S. J. F. Winter
H. C. L. Woodhams

Services informatiques : A. McEwan¹ — Chef

V. N. Beck
D. R. Chang
M. Connelly²

J. G. Cuthbert
M. T. Darwood²
B. J. MacDougall²

R. M. Macnab¹
D. M. Porteous
I. Wells

Bibliothèque : A. Nevill¹ — Chef

A. M. Mazerall
H. B. Nicholls⁹

N. C. Sabowitz
J. E. Sutherland

Dessins et illustrations : J.R. Lord — Chef

Photographie : N.E. Fenerty — Chef

Rédacteur scientifique : M.P. Latrémouille

1. Nouvel employé
2. N'est plus à l'emploi de l'IOB.
3. En congé de formation
4. Boursier post-doctoral
5. Détaché au Commandement naval, BFC Halifax
6. Sciences océaniques et aquatiques, Atlantique ; employé relevant du directeur général
7. Directeur suppléant jusqu'en août 1976
8. Directeur suppléant jusqu'en juillet 1975
9. Muté au bureau du directeur général et chargé de l'analyse des programmes et de la coordination des projets.

Principales publications de 1975 et 1976

Articles de l'Institut océanographique de Bedford

Sont inclus dans cette liste quelques articles rédigés avant 1975, mais qui n'était pas encore distribués au moment où le rapport de 1973-1974 a été mis sous presse. Les numéros d'articles de l'Institut figurent entre parenthèses à la dernière ligne de chaque référence. Les abréviations utilisées proviennent du *Chemical Abstracts Service Source Index : 1907-1974 Cumulative*.

ADDISON, R.F. —1971— *Analysis of elemental phosphorus and some of its compounds by gas chromatography*, dans *Proc. Int. Symp. Identification and Measurements of Environmental Pollutants*, Ottawa, 1971, p. 386-390. (572)

ADDISON, R.F. ET M.E. ZINCK —1975— *The Metabolism of some DDT — type compounds by brook trout (Salvelinus fontinalis)*, dans *Environ. Qual. Saf. Suppl.*, 3, p. 500-506. (543)

ADDISON, R.F., M.E. ZINCK ET J.R. LEAHY —1976— *Metabolism of single and combined doses of ¹⁴C-aldrin and ³H-p,p'-DDT by Atlantic salmon (Salmo salar) fry*, dans *J. Fish. Res. Board Can.*, 33, p. 2073-2076. (604)

BANKE, E.G., S.D. SMITH ET R.J. ANDERSON —1976— *Recent measurements of wind stress on Arctic sea ice*, dans *J. Fish. Res. Board Can.*, 33, p. 2307-2317. (599)

BARRETT, D.L. ET C.E. KEEN —1975— *Lineations in the quiet magnetic zone of the Northeast Atlantic*, dans *Nature*, 253, p. 423-425. (474)

BENNETT, A.S. —1976— *Conversion of in situ measurements of conductivity to salinity*, dans *Deep Sea Res.*, 23, p. 157-165. (504)

BEWERS, J.M. ET H.H. HAYSOM —1974— *The terrigenous dust contribution to fluoride and iodide in atmospheric precipitation*, dans *J. Rech. Atmos.*, 8, p. 689-697. (487)

BEWERS, J.M., I.D. MACAULAY, B. SUNDBY ET D.E. BUCKLEY —1975— *Data are for looking at or quality control through interpretation (Water Quality Parameters)*, dans *Am. Soc. Test. Mater. Spec. Tech. Publ.*, 573, p. 550-565. (500)

BEWERS, J.M., B. SUNDBY ET P.A. YEATS —1976— *The distribution of trace metals in the western North Atlantic off Nova Scotia*, dans *Geochim. Cosmochim. Acta*, 40, p. 687-696. (533)

BRODIE, P.F. —1975— *Cetacean energetics, an overview of intraspecific size variation*, dans *Ecology*, 56, p. 152-161. (496)

BUCKLEY, D., G.S. PEMBERTON ET M. RISK —1976— *Supershrimp : deep bioturbation in the Strait of Canso, Nova Scotia*, dans *Science*, 192, p. 790-791. (583)

- BUJAK, J.P. —1976— *An evolutionary series of Late Eocene dinoflagellate cysts from southern England*, dans *Mar. Micropaleontol.*, 1, p. 101-117. (548)
- CLARKE, R.A. —1976— *Measurements of a small near-bottom cyclonic circulation near the Gulf Stream axis*, dans *J. Fish. Res. Board Can.*, 33, p. 2197-2202. (680)
- CONOVER, R.J. —1975— *The role of filter feeders in stabilizing phytoplankton communities with some considerations for aquaculture*, dans *Harvesting Polluted Waters*, O. Devik, éd., Plenum Publishing Corp., NY, p. 67-85. (538)
- CONOVER, R.J. ET P. MAYZAUD —1975— *Respiration and nitrogen excretion of neritic zooplankton in relation to potential food supply*, dans *Compte rendu du X^e Symposium européen sur la biologie marine*, Ostende, Belgique, 17-23 sept. 1975, 2, p. 151-163. (619)
- CRANSTON, R.E. —1974— *Geochemical interaction in the recently industrialized strait of Canso*, dans *Compte rendu de la Conférence internationale sur le transport des produits chimiques persistants dans les écosystèmes aquatiques*, Ottawa, 1974, 1, p. 59-67. (625)
- CRANSTON, R.E. —1976— *Accumulation and distribution of total mercury in estuarine sediments*, dans *Estuarine Coastal Mar. Sci.*, 4, p. 695-700. (597)
- CUNNINGHAM, C.C., D.D.W. CONRAD, J.D. MOFFATT ET E.M. LEVY —1976— *Improved reagent dispenser for the determination of dissolved oxygen in sea water*, dans *J. Fish. Res. Board Can.*, 33, p. 2076-2078. (577)
- DARROW, D.C. ET G.L. FLETCHER —1975— *Effects of drying tritiated testosterone glucuronide and testosterone sulfate on counting efficiency*, dans *Anal. Biochem.*, 69, p. 623-626. (537)
- DARROW, D.C. ET G.C. HARDING —1975— *Accumulation and apparent absence of DDT metabolism by marine copepods, Calanus spp., in culture*, dans *J. Fish. Res. Board Can.*, 32, p. 1845-1849. (521)
- DENMAN, K.L. —1976— *Covariability of chlorophyll and temperature in the sea*, dans *Deep Sea Res.*, 23, p. 539-550. (515)
- DENMAN, K.L. ET T. PLATT —1975— *Coherence in the horizontal distributions of phytoplankton and temperature in the upper ocean*, dans *Mém. Soc. R. Sci. Liège*, 6^e série, 7, p. 19-30. (519)
- DENMAN, K.L. ET T. PLATT —1976— *The variance spectrum of phytoplankton in a turbulent ocean*, dans *J. Mar. Res.*, 34, p. 593-601. (608)
- DESSUREAULT, J.-G. —1976— *Batfish. A depth controllable towed body for collecting oceanographic data*, dans *Ocean Eng.*, 3, p. 99-111. (514)
- DICKIE, L.M. —1974— *Problems of prediction in marine ecosystems*, dans *Compte rendu de l'assemblée annuelle de la Société canadienne des zoologistes*, 2-5 juin 1974, M. O. B. Burt, éd., p. 111-115. (508)
- DUBOIS, D.M. ET P. MAYZAUD —1975— *Experimental and theoretical approach of the production and transportation of organic matter in a semi-enclosed basin*, dans *Compte rendu du X^e Symposium européen sur la biologie marine*, Ostende, Belgique, 17-23 sept. 1975, 2, p. 231-245. (618)
- EATON, R.M. —1975— *Tests of Loran-C performance*, dans *Can. Aeronaut. Space J.*, 21, p. 129-132. (501)

- EATON, R.M. —1975— *Loran-C compared with other navigation aids in meeting future Canadian needs*, dans *Can. Aeronaut. Space J.*, 21, p. 133-137. (502)
- EATON, R.M., D.E. WELLS ET N. STUIFBERGEN —1976— *Satellite navigation in hydrography*, dans *Int. Hydrogr. Rev.*, 53, p. 99-116. (568)
- ELLIOTT, J.A. —1975— *The measurement of pressure fluctuations in the atmospheric boundary layer*, dans *Atmos. Technol.*, 7, p. 30-32. (598)
- ELLIOTT, J.A. ET N.S. OAKEY —1975— *Horizontal coherence of temperature microstructure*, dans *J. Phys. Oceanogr.*, 5, p. 506-515. (505)
- ELLIOTT, J.A. ET N.S. OAKEY —1976— *Spectrum of small scale oceanic temperature gradients*, dans *J. Fish. Res. Board Can.*, 33, p. 2296-2306. (639)
- EVITT, W.R., J.K. LENTIN, M.E. MILLIOUD, L.E. STOVER ET G.L. WILLIAMS —1976— *Dinoflagellate cyst terminology*, dans *Geol. Sur. Can. Pap.*, 76-24. (636)
- FILLON, R.H. —1975— *Deglaciation of the Labrador continental shelf*, dans *Nature*, 253, p. 429-431. (490)
- FILLON, R.H. —1976— *Hamilton Bank, Labrador Shelf : postglacial sediment dynamics and paleo-oceanography*, dans *Mar. Geol.*, 20, p. 7-25. (495)
- FITZGERALD, R.A., D.C. GORDON JR. ET R.E. CRANSTON —1974— *Total mercury in sea water in the northeast Atlantic Ocean*, dans *Deep Sea Res.*, 21, p. 139-144. (540)
- FONG, W.C. —1976— *Uptake and retention of Kuwait crude oil and its effects on oxygen uptake by the soft-shell clam, Mya arenaria*, dans *J. Fish. Res. Board Canada*, 33, p. 2774-2780. (623)
- FOWLER, G.A. ET P.F. KINGSTON —1975— *An underwater drill for continental shelf exploration*, dans *J. Soc. Underwater Technol.*, 1, p. 18-22. (626)
- GARRETT, C.J.R. ET R.H. LOUCKS —1976— *Upwelling along the Yarmouth Shore of Nova Scotia*, dans *J. Fish. Res. Board Can.*, 33, p. 116-117. (550)
- GORDON, D.C., JR., P.D. KEIZER, W.R. HARDSTAFF ET D.G. ALDOUS —1976— *Fate of crude oil spilled on seawater contained in outdoor tanks*, dans *Environ. Sci. Technol.*, 10, p. 580-585. (595)
- GORDON, D.C., Jr., P.D. KEIZER ET N.J. PROUSE —1973— *Laboratory studies of the accommodations of some crude and residual fuel oils in sea water*, dans *J. Fish. Res. Board Can.*, 30, p. 1611-1618. (541)
- GRADSTEIN, F.M., G.L. WILLIAMS, W.A.M. JENKINS ET P. ASCOLI —1975— *Mesozoic and Cenozoic stratigraphy of the Atlantic continental margin, Eastern Canada*, dans *Canada's Continental Margin and Offshore Petroleum Exploration*, C.J. Yorath, E.R. Parker et D.J. Glass, éd., *Can. Soc. Pet. Geol. Mem.*, 4, p. 103-131. (531)
- GRANT, A.C. —1975— *Geophysical results from the continental margin off southern Baffin Island*, dans *Canada's Continental Margin and Offshore Petroleum Exploration*, C.J. Yorath, E.R. Parker et D.J. Glass, éd., *Can. Soc. Pet. Geol. Mem.*, 4, p. 411-431. (528)
- GRANT, A.C. —1975— *Seismic reconnaissance of Lake Melville, Labrador*, dans *Can. J. Earth Sci.*, 12, p. 2103-2110. (526)
- GRANT, A.C. —1975— *Structural modes of the western margin of the Labrador Sea*, dans *Offshore Geology of Eastern Canada*, vol. 2, *Regional*

- Geology*, compilé par W.J.M. van der Linden et J.A. Wade, *Geol. Surv. Can. Pap.*, 74-30, p. 217-231. (553)
- HARDY, I. —1975— *Lithostratigraphy of the Banquereau formation on the Scotian Shelf*, dans *Offshore Geology of Eastern Canada*, vol. 2, *Regional Geology*, W.J.M. van der Linden and J.A. Wade, éd., *Geol. Surv. Can. Pap.*, 74-30, p. 163-174. (555)
- HARGRAVE, B.T. —1975— *Stability in structure and function of the mud-water interface*, dans *Verh. Int. Verein. Limnol. Board*, 19, p. 1073-1079. (542)
- HARGRAVE, B.T. —1975— *The importance of total and mixed-layer depth in the supply of organic material to bottom communities*, dans *Symp. Biol. Hung.*, 15, p. 157-165. (569)
- HARGRAVE, B.T. —1976— *The central role of invertebrate faeces in sediment decomposition*, dans *The Role of Terrestrial and Aquatic Organisms in Decomposition Processes*, J.M. Anderson et A. Macfadyen, éd., le 17^e Symposium de la Société d'écologie britannique, 15-18 avril 1975, Blackwell Scientif. Publ., p. 301-321. (587)
- HARGRAVE, B.T. ET C.D. LEVINGS —1975— *A prognosis for Canadian benthic biological oceanography*, dans *Biological oceanography in Canada : A Perspective and Review*, T.R. Parsons, éd., *Fish. Res. Board Can. Rep.*, 4, annexe 1, p. 38-45. (570)
- HARGRAVE, B.T. ET G.A. PHILLIPS —1974— *Adsorption of ¹⁴C-DDT to particle surfaces*, dans le compte rendu de la Conférence internationale sur le transport des produits chimiques persistants dans les écosystèmes aquatiques, Ottawa, 1974, 2, p. 13-18. (571)
- HARGRAVE, B.T. ET G.A. PHILLIPS —1975— *Estimates of oil in aquatic sediments by fluorescence spectroscopy*, dans *Environ. Pollut.*, 8, p. 193-215 (512)
- HARGRAVE, B.T. ET G.A. PHILLIPS —1976— *DDT residues in benthic invertebrates and demersal fish in St. Margaret's Bay, Nova Scotia*, dans *J. Fish. Res. Board Can.*, 33, p. 1692-1698. (606)
- HASSAN, E.M. —1975— *Some effects of river regulation on marginal seas*, dans *Ocean Manage.*, 2, p. 333-344. (436)
- HASSAN, E.M. ET M.I. EL-SABH —1975— *Circulation and salinity distribution in the southern part of the Suez Canal*, dans *Limnol. Oceanogr.*, 20, p. 667-671. (497)
- HAWORTH, R.T. —1975— *The development of Atlantic Canada as a result of continental collision — evidence from offshore gravity and magnetic data*, dans *Canada's Continental Margin and Offshore Petroleum Exploration*, C.J. Yorath, E.R. Parker et D.J. Glass, éd., *Can. Soc. Pet. Geol. Mem.*, 4, p. 59-77. (529)
- HAWORTH, R.T. —1975— *Paleozoic continental collision in the Northern Appalachians in light of gravity and magnetic data in the Gulf of St. Lawrence*, dans *Offshore Geology of Eastern Canada*, vol. 2, *Regional Geology*, W.J.M. van der Linden et J.A. Wade, éd., *Geol. Surv. Can. Pap.*, 74-30, p. 1-10. (554)
- HAWORTH, R.T. ET J.B. MacINTYRE —1975— *The gravity and magnetic fields of Atlantic offshore Canada*, dans *Mar. Sci. Pap. 16/Geol. Surv. Can. Pap. 75-9*, p. 1-22. (511)
- HOWIE, R.D. ET M.S. BARSS —1975— *Paleogeography and sedimentation in the Upper Paleozoic, Eastern Canada*, dans *Canada's Continental Margin and Offshore Petroleum Exploration*, C.J. Yorath, E.R. Parker et D.J. Glass, éd.,

- Can. Soc. Pet. Geol. Mem.*, 4, p. 45-57. (530)
- HOWIE, R.D. ET M.S. BARSS —1975— *Upper Paleozoic rocks of the Atlantic Provinces, Gulf of St. Lawrence and adjacent continental shelf*, dans *Offshore Geology of Eastern Canada*, vol. 2, *Regional Geology*, W.J.M. van der Linden et J.A. Wade, éd., *Geol. Surv. Can. Pap.*, 74-30, p. 35-50. (556)
- HUTCHINS, R.W., D.L. McKEOWN ET L.H. KING —1976— *A deep tow high resolution seismic system for continental shelf mapping*, dans *Geosci. Can.*, 3, p. 95-100. (590)
- JACKSON, R., C.E. KEEN ET M.J. KEEN —1975— *Seismic structure of the continental margins and ocean basins of southeastern Canada*, dans *Geol. Surv. Can. Pap.*, 74-51, p. 1-13. (580)
- JANSA, L.F. ET J.A. WADE —1975— *Geology of the continental margin off Nova Scotia and Newfoundland*, dans *Offshore Geology of Eastern Canada*, vol. 2, *Regional Geology*, W.J.M. van der Linden et J.A. Wade, éd., *Geol. Surv. Can. Pap.*, 74-30, p. 51-105. (557)
- JANSA, L.F. ET J.A. WADE —1975— *Paleogeography and sedimentation in the Mesozoic and Cenozoic, southeastern Canada*, dans *Canada's Continental Margin and Offshore Petroleum Exploration*, C.J. Yorath, E.R. Parker et D.J. Glass, éd., *Can. Soc. Pet. Geol. Mem.*, 4, p. 79-102. (527)
- JASSBY, A.D. ET T. PLATT —1976— *Mathematical formulation of the relationship between photosynthesis and light for phytoplankton*, dans *Limnol. Oceanogr.*, 4, p. 540-547. (607)
- KEEN, C.E., M.J. KEEN, D.L. BARRETT ET D.E. HEFFLER —1975— *Some aspects of the ocean-continent transition at the continental margin of eastern North America*, dans *Offshore Geology of Eastern Canada*, vol. 2, *Regional Geology*, W.J.M. van der Linden et J.A. Wade, éd., *Geol. Surv. Can. Pap.*, 74-30, p. 189-197. (558)
- KING, L.H. —1975— *Geosynclinal development on the continental margin south of Nova Scotia and Newfoundland*, dans *Offshore Geology of Eastern Canada*, vol. 2, *Regional Geology*, W.J.M. van der Linden et J.A. Wade, éd., *Geol. Surv. Can. Pap.*, 74-30, p. 199-206. (560)
- KING, L.H. —1976— *Relict iceberg furrows on the Laurentian Channel and western Grand Banks*, dans *Can. J. Earth Sci.*, 13, p. 1082-1092. (610)
- KING, L.H., R.D. HYNDMAN ET C.E. KEEN —1975— *Geological development of the continental margin of Atlantic Canada*, dans *Geosci. Can.*, 2, p. 26-35. (482)
- KING, L.H. ET B. MacLEAN —1975— *Stratigraphic interpretation of the central Grand Banks from high-resolution seismic reflection profiles*, dans *Offshore Geology of Eastern Canada*, vol. 2, *Regional Geology*, W.J.M. van der Linden et J.A. Wade, éd., *Geol. Surv. Can. Pap.*, 74-30, p. 175-185. (559)
- KING, L.H. ET B. MacLEAN —1976— *Geology of the Scotian Shelf and adjacent areas*, dans *Mar. Sci. Pap. 7/Geol. Surv. Can. Pap.*, 74-31, 31 p. (563)
- KOUBA, J. ET D.E. WELLS —1976— *Semi-dynamical Doppler satellite positioning*, dans *Bull. Geod.*, 50, p. 27-42. (536)
- KRANCK, K. —1974— *The role of flocculation in the transport of particulate pollutants in the marine environment*, dans le compte rendu de la Conférence

- internationale sur le transport des produits chimiques persistants dans les écosystèmes aquatiques, Ottawa, 1974, 1, p. 41-46. (591)
- KRANCK, K. —1975— *Sediment deposition from flocculated suspensions*, dans *Sedimentology*, 22, p. 111-123. (479)
- LENTIN, J.K. ET G.L. WILLIAMS —1975— *Fossil dinoflagellates : index to genera and species*, dans supplément n° 1, *Can. J. Bot.*, 53, p. 2147-2157. (546)
- LEVY, E.M. ET A. WALTON —1976— *High seas oil pollution : particulate petroleum residues in the North Atlantic*, dans *J. Fish. Res. Board Can.*, 33, p. 2781-2791. (605)
- LONCAREVIC, B.D. —1975— *Mineral resources from the deep ocean — H.M.S. Challenger and now*, dans *100 years of Oceanography*, Musée de la Nouvelle-Écosse, Halifax, p. 74-89. (525)
- LORING, D.H. —1975— *Mercury in the sediments of the Gulf of St. Lawrence*, dans *Can. J. Earth Sci.*, 12, p. 1219-1237. (509)
- LORING, D.H. —1975— *Surficial geology of the Gulf of St. Lawrence*, dans *Offshore Geology of Eastern Canada*, vol. 2, *Regional Geology*, W.J.M. van der Linden et J.A. Wade, éd., *Geol. Surv. Can. Pap.*, 74-30, p. 11-34. (492)
- LORING, D.H. —1976— *The distribution and partition of zinc, copper, and lead in the sediments of the Saguenay fjord*, dans *Can. J. Earth Sci.*, 13, p. 960-971. (545)
- LORING, D.H. —1976— *Distribution and partition of cobalt, nickel, chromium, and vanadium in the sediments of the Saguenay fjord*, dans *Can. J. Earth Sci.*, 13, p. 1706-1718. (621)
- MacNEIL, I.B. ET R.G. DOWD —1975— *Analysis of fish count data obtained using a digital echo-counting system*, dans le compte rendu de la Conférence sur la statistique appliquée, université Dalhousie, Halifax, 2-4 mai 1974, R.P. Gupta, éd., North-Holland Publ. Co. and Am. Elsevier Publ. Co., p. 247-260. (477)
- MAGEAU, M.C. ET D.A. WALKER —1976— *Effects of ingestion of foraminifera by larger invertebrates*, dans *Marit. Sediments Spec. Publ.*, 1, p. 89-105. (615)
- MANN, C.R. —1976— *Physical oceanography in Canada*, dans *J. Fish. Res. Board Can.*, 33, p. 1411-1433. (602)
- MANN, C.R. —1976— *Chemical oceanography in Canada*, dans *J. Fish. Res. Board Can.*, 33, p. 1451-1469. (601)
- MAYZAUD, P. ET R.J. CONOVER —1976— *Influence of potential food supply on the activity of digestive enzymes of neritic zooplankton*, dans *Compte rendu du X^e Symposium européen sur la biologie marine*, Ostende, Belgique, 17-23 sept. 1975, 2, p. 415-427. (620)
- MAYZAUD, P. ET J.L. MARTIN —1975— *Some aspects of the biochemical and mineral composition of marine plankton*, dans *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.*, 17, p. 297-310. (493)
- McBEAN, G.A. ET J.A. ELLIOTT —1975— *The vertical transports of kinetic energy by turbulence and pressure in the boundary layer*, dans *J. Atmos. Sci.*, 32, p. 753-766. (581)

- McKEOWN, D.L. —1975— *Survey techniques for acoustic positioning arrays : Navigation*, dans *J. Inst. Navig.*, 22, p. 59-67. (478)
- MILLIOUD, M.E., G.L. WILLIAMS ET J.K. LENTIN —1975— *Stratigraphic range charts of selected fossil dinoflagellates — selected Cretaceous dinoflagellates*, dans le compte rendu de la Conférence sur les dinoflagellés, Anaheim, Californie, 16 octobre 1973, W.R. Evitt, éd., *Am. Assoc. Stratigra. Palynol. Contrib. Ser.*, 4, p. 65-72. (547)
- MONAHAN, D. ET R.F. MACNAB —1975— *Macro- and meso-morphology of Flemish Cap, Flemish Pass, and the northeastern Grand Banks of Newfoundland*, dans *Offshore Geology of Eastern Canada*, vol. 2, *Regional Geology*, W.J.M. van der Linden et J.A. Wade, éd., *Geol. Surv. Can. Pap.*, 74-30, p. 207-216. (561)
- NEEDLER, G.T. ET R.A. HEATH —1975— *Diffusion coefficients calculated from the Mediterranean salinity anomaly in the North Atlantic Ocean*, dans *J. Phys. Oceanogr.*, 5, p. 173-182. (476)
- NEU, H.J.A. —1975— *Runoff regulation for hydro-power and its effect on the ocean environment*, dans *Bull. Hydrolog. Sci.*, 21(3), p. 433-444. (523)
- OWENS, E.H. —1976— *Barrier beaches and sediment transport in the southern Gulf of St. Lawrence*, dans le compte rendu de la XIV^e Conférence sur l'ingénierie côtière, Copenhague, Danemark, juin 1974, Société américaine des ingénieurs en chimie, chapitre 69, p. 1177-1195. (489)
- OWENS, E.H. ET M.A. RASHID —1976— *Coastal environments and oil spill residues in Chedabucto Bay, Nova Scotia*, dans *Can. J. Earth Sci.*, 13, p. 908-928. (603)
- PELLETIER, B.R., D.I. ROSS, C.E. KEEN ET M.J. KEEN —1975— *Geology and geophysics of Baffin Bay*, dans *Offshore Geology of Eastern Canada*, vol. 2, *Regional Geology*, W.J.M. van der Linden et J.A. Wade, éd., *Geol. Surv. Can. Pap.*, 74-30, p. 247-258. (567)
- PIPER, D.J.W. ET M.J. KEEN —1976— *Geological studies in St. Margaret's Bay, Nova Scotia*, dans *Geol. Surv. Can. Pap.*, 76-18, 18 p. (589)
- PLATT, T. —1974— *The spatial structure of populations of marine phytoplankton : a problem in time-series analysis*, dans le compte rendu de la 8^e Conférence internationale sur la biométrie, Constana, Roumanie, L.C.A. Corsten et T. Postelnicu, éd., Editura Academiei Republicii Socialiste, Roumanie, p. 281-285. (578)
- PLATT, T. —1975— *Analysis of the importance of spatial and temporal heterogeneity in the estimation of annual production by phytoplankton in a small, enriched, marine basin*, dans *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 18, p. 99-109. (579)
- PLATT, T. —1975— *The physical environment and spatial structure of phytoplankton populations*, dans *Mém. Soc. R. Liège*, 6^e série, 7, p. 9-17. (576)
- PLATT, T. —1975— *Predictability of primary production and budget calculations in coastal inlets*, dans *Compte rendu du X^e Symposium européen sur la biologie marine*, Ostende, Belgique, 17-23 sept. 1975, 2, p. 477-484. (627)

- PLATT, T. ET K.L. DENMAN —1975— *A general equation for the mesoscale distribution of phytoplankton in the sea*, dans *Mém. Soc. R. Sci. Liège*, 6^e série, 7, p. 31-42. (520)
- PLATT, T. ET K.L. DENMAN —1975— *Spectral analysis in ecology*, dans *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 6, p. 189-210. (518)
- PLATT, T. ET A.D. JASSBY —1976— *The Relationship between photosynthesis and light for natural assemblages of coastal marine phytoplankton*, dans *J. Phycol.*, 12, p. 421-430. (644)
- PLATT, T. ET D.V. SUBBA RAO —1975— *Primary production and marine microphytes*, dans *Photosynthesis and Productivity in Different Environments*, Int. Biol. Program, Cambridge Univ. Press, Grande-Bretagne, 3, p. 249-280. (594)
- POCKLINGTON, R. —1976— *Terrigenous organic matter in surface sediments from the Gulf of St. Lawrence*, dans *J. Fish. Res. Board Can.*, 33, p. 93-97. (544)
- PROUSE, N.J., D.C. GORDON, JR., ET P.D. KEIZER —1976— *Effects of low concentrations of oil accommodated in sea water on the growth of unialgal marine phytoplankton cultures*, dans *J. Fish. Res. Board Can.*, 33, p. 810-818. (552)
- QUON, C. —1976— *A mixed spectral and finite difference model to study baroclinic annulus waves*, dans *J. Comput. Phys.*, 20, p. 442-479. (566)
- QUON, C. —1976— *Diffusively induced boundary layers in a tilted square cavity : a numerical study*, dans *J. Comput. Phys.*, 22, p. 459-485. (624)
- RANTALA, R.T.T. ET D.H. LORING —1975— *Multi-element analysis of silicate rocks and marine sediments by atomic absorption spectrophotometry*, dans *At. Absorpt. Newsl.*, 14, p. 117-120. (517)
- RASHID, M.A. —1975— *Geological environment of a methane-rich recent sedimentary basin in the Gulf of St. Lawrence*, dans *Chem. Geol.*, 15, p. 83-86. (475)
- RASHID, M.A. ET J.D. BROWN —1975— *Influence of marine organic compounds on the engineering properties of a remoulded sediment*, dans *Eng. Geol.*, 9, p. 141-154. (481)
- ROSS, C.K. ET G.T. NEEDLER —1976— *Spectral analysis of the long-term oceanographic time series at Ocean Weather Station "P"*, dans *J. Fish. Res. Board Can.*, 33, p. 2203-2213. (631)
- SAMEOTO, D.D. —1975— *DDT residues in euphausiids in the estuary of the Gulf of St. Lawrence*, dans *J. Fish. Res. Board Can.*, 32, p. 310-314. (484)
- SAMEOTO, D.D. —1975— *Tidal and diurnal effects on zooplankton sample variability in a nearshore marine environment*, dans *J. Fish. Res. Board Can.*, 32, p. 347-366. (465)
- SAMEOTO, D.D. —1975— *A krill fishery in the Gulf of St. Lawrence*, dans *Can. Fisherman Ocean Sci.*, 61(4), p. 16-17. (574)
- SAMEOTO, D.D. —1976— *Distribution of sound scattering layers caused by euphausiids and their relationship to chlorophyll a concentrations in the Gulf of St. Lawrence estuary*, dans *J. Fish. Res. Board Can.*, 33, p. 681-687. (573)

- SCHAFFER, C.T., F.J.E. WAGNER ET C. FERGUSON —1975— *Occurrence of foraminifera, molluscs and ostracods adjacent to the industrialized shoreline of Canso Strait, Nova Scotia*, dans *Water Air Soil Pollut.*, 5, p. 79-86. (524)
- SCHAFFER, C.T. ET F.E. COLE —1976— *Foraminiferal distribution patterns in the Restigouche estuary*, dans *Marit. Sediments Spec. Publ.*, 1, p. 1-24. (616)
- SERGEANT, D.E. ET P.F. BRODIE —1975— *Identity, abundance, and present status of populations of white whales, Delphinapterus leucas, in North America*, dans *J. Fish. Res. Board Can.*, 32, p. 1047-1054. (510)
- SMITH, J.C. —1976— *Body weight and the activities of pyruvate kinase, glucose-6-phosphatase and lactate dehydrogenase in the liver of the American plaice, Hippoglossoides platessoides*, dans *Comp. Biochem. Physiol.*, 53B, p. 277-282. (575)
- SMITH, P.C. —1976— *Baroclinic instability in the Denmark Strait overflow*, dans *J. Phys. Oceanogr.*, 6, p. 355-371. (549)
- SMITH, S.D. ET E.G. BANKE —1975— *Variation of the sea surface drag coefficient with wind speed*, dans *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 101, p. 665-673. (488)
- SUBBA RAO, D.V. —1975— *Planktoniella sol (Wallich) Schutt (Bacillariophyceae Coscinodiscaceae), a new record for north-western Atlantic coastal waters*, dans *Phycologia*, 14(4), p. 183-185. (506)
- SUTCLIFFE, W.H., JR., R.H. LOUCKS ET K.F. DRINKWATER —1976— *Coastal circulation and physical oceanography of the Scotian Shelf and the Gulf of Maine*, dans *J. Fish. Res. Board Can.*, 33, p. 98-115. (539)
- SUTCLIFFE, W.H., JR., E.A. ORR ET O. HOLM-HANSEN —1976— *Difficulties with ATP measurement in inshore waters*, dans *Limnol. Oceanogr.*, 21, p. 145-149. (551)
- TAGUCHI, S. —1976— *Relationship between photosynthesis and cell size of marine diatoms*, dans *J. Phycol.*, 2, p. 185-189. (622)
- TAN, F.C. —1976— *Temperature variations of the Kuroshio and crustal movements in Eastern and Southeastern Asia 7,000 years B.P. — Discussion*, dans *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 20, p. 257-259. (535)
- TAN, F.C. ET W.D. FRASER —1976— *Oxygen isotope studies on sea ice in the Gulf of St. Lawrence*, dans *J. Fish. Res. Board Can.*, 33, p. 1397-1401. (532)
- TAN, F.C. ET G.J. PEARSON —1975— *Stable carbon isotope ratios as water quality indicators (Water Quality Parameters)*, dans *Am. Soc. Test. Mater. Spec. Tech. Publ.*, 573, p. 543-549. (499)
- TAN, F.C. ET A. WALTON —1975— *The application of stable carbon isotope ratios as water quality indicators in coastal areas of Canada*, dans *Isotope Ratios as Pollutant Source and Behaviour Indicators*, IAEA, Vienne, Autriche, p. 35-47. (498)
- THOMPSON, J. ET A. WALTON —1972— *Redetermination of chronology of Aldabra Atoll by $^{230}\text{Th}/^{239}\text{U}$ dating*, dans *Nature*, 240, p. 145-146. (564)
- VAN DER LINDEN, W.J.M. —1975— *Crustal attenuation and sea-floor spreading in the Labrador Sea*, dans *Earth Planet. Sci., Lett.*, 27, p. 409-423. (494)

- VAN DER LINDEN, W.J.M., R.H. FILLON ET D. MONAHAN —1976— *Hamilton Bank, Labrador Shelf : origin and evolution of a glaciated shelf*, dans *Mar. Sci. Pap.*, 14, *Geol. Surv. Can. Pap.*, 75-40, 31 p. (612)
- VAN DER LINDEN, W.J.M. ET S.P. SRIVASTAVA —1975— *The crustal structure of the continental margin off central Labrador*, dans *Offshore Geology of Eastern Canada*, vol. 2, *Regional Geology*, W.J.M. van der Linden et J.A. Wade, éd., *Geol. Surv. Can. Pap.*, 74-30, p. 233-245. (562)
- VANDERMEULEN, J.H. ET D.C. GORDON, JR., —1976— *Re-entry of 5-year-old stranded Bunker C fuel oil from a low-energy beach into the water, sediments, and biota of Chedabucto Bay, Nova Scotia*, dans *J. Fish. Res. Board Can.*, 33, p. 2002-2010. (611)
- VILKS, G. —1975— *Comparison of Globorotalia pachyderma (Ehrenberg) in the water column and sediments of the Canadian Arctic*, dans *J. Foraminiferal Res.*, 5, p. 313-325. (503)
- VILKS, G. —1976— *Foraminifera of an ice-scoured nearshore zone in the Canadian Arctic*, dans *Marit. Sediments Spec.* vol. 1, p. 267-277. (613)
- VILKS, G. ET M.A. RASHID —1976— *Post-glacial paleo-oceanography of Emerald Basin, Scotian Shelf*, dans *Can. J. Earth Sci.*, 13, p. 1256-1267. (593)
- VILKS, G., C.T. SCHAFER ET D.A. WALKER —1975— *The influence of a causeway on oceanography and foraminifera in the Strait of Canso, Nova Scotia*, dans *Can. J. Earth Sci.*, 12, p. 2086-2102. (522)
- WAGNER, F. —1975— *Mollusca of the Strait of Canso area*, dans *Geol. Surv. Can. Pap.*, 75-23, 29 p. (582)
- WALKER, D.A. —1976— *An in situ investigation of the life cycles of benthonic midlittoral foraminifera*, dans *Marit. Sediments Spec. Publ.*, 1, p. 51-60. (614)
- WALTON, A. —1974— *International convention for the prevention of pollution from ships (1973)*, dans *Water 1974, AICE Sympt. Ser.*, 70 (144), p. 237-242. (592)
- WARE, D.M. —1975— *Growth, metabolism and optimal swimming speed of a pelagic fish*, dans *J. Fish. Res. Board Can.*, 32, p. 33-41. (480)
- WARE, D.M. —1975— *Relation between egg size, growth, and natural mortality of larval fish*, dans *J. Fish. Res. Board Can.*, 32, p. 2503-2512. (516)
- WEBSTER, T.J.M., M.A. PARANJAPE ET K.H. MANN —1975— *Sedimentation of organic matter in St. Margaret's Bay, N.S.*, dans *J. Fish. Res. Board Can.*, 32, p. 1399-1407. (507)
- WELLS, D.E., E.J. KRAKIWSKY ET D.B. THOMSON —1974— *Internal and external consistency of Doppler, satellite-triangulation, and terrestrial networks*, dans *The Can. Surv.*, 28, p. 467-473. (584)
- WELLS, D.E. ET P. VANICEK —1975— *Alignment of geodetic and satellite coordinate systems to the average terrestrial system*, dans *Bull. Geod.*, 117, p. 241-257. (483)
- WELLS, D.E., E.J. KRAKIWSKY, D.B. THOMPSON ET J. KOUBA —1976— *Review of Doppler satellite positioning in Canada*, dans *Bull. Geod.*, 50, p. 307-321. (637)

- WELLS, P.G. ET P.D. KEIZER —1975— *Effectiveness and toxicity of an oil dispersant in large outdoor salt water tanks*, dans *Mar. Pollut. Bull.*, 6, p. 153-157. (586)
- WILLIAMS, G.L. —1975— *Dinoflagellate and spore stratigraphy of the Mesozoic-Cenozoic offshore eastern Canada*, dans *Offshore Geology of Eastern Canada*, vol. 2, *Regional Geology*, W.J.M. van der Linden et J.A. Wade, éd., *Geol. Surv. Can. Pap.*, 74-30, p. 107-161. (585)
- WILLIAMS, G.L. ET J.K. LENTIN —1975— *Stratigraphic range charts of selected fossil dinoflagellates : Upper Cretaceous*, dans le compte rendu de la conférence sur les dinoflagellés, Anaheim, Californie, 16 octobre 1973, W.R. Evitt, éd., *Am. Assoc. Stratigr. Palynol. Contrib. Ser. n° 4*, p. 49-50, 12 planches. (547)
- WINTERS, G.V. ET C.L. PERKINS —1976— *Dependence of labile iron in aqueous solution on total iron, storage pH and storage time*, dans *Can. J. Spectrosc.* 21, p. 36-40. (534)
- WROBLEWSKI, J.S., J.J. O'BRIEN ET T. PLATT —1975— *On the physical and biological scales of phytoplankton patchiness in the ocean*, dans *Mém. S.R. Sci. Liège*, 6^e série, p. 43-57. (585)
- YEATS, P.A. ET J.M. BEWERS —1976— *Trace metals in the waters of the Saguenay fjord*, dans *Can. J. Earth Sci.*, 13, p. 1319-1327. (596)
- ZINCK, M.E. ET R.F. ADDISON —1975— *The effect of temperature on the rate of conversion of p,p'-DDT to p,p'-DDE in brook trout (Salvelinus fontinalis)*, dans *Can. J. Biochem.*, 53, p. 636-639. (513)

Rapports techniques de l'Institut océanographique de Bedford

- AMOS, C.L. —1976— *Coastal research in North America (1974/75) : A review of some of the research centres*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-76-12.
- BARRON, J.L. —1975— *Atomic adsorption data system*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-75-12.
- BARRON, J.L. —1975— *CHNGLC : a Fortran program to process output from a gas chromatograph system*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-75-8.
- BARRON, J.L. —1975— *Computer programs for calculating salinity and dissolved oxygen concentrations*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-75-13.
- BARRON, J.L. ET R.B. FORAN —1976— *Alkalinity and carbonate content test. Program ALCT*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-76-16.
- BENNETT, A.S. —1975— *DOS — Magnetic tape utility programs*, dans *BIO, Computer Note Series*, BI-C-75-1.
- BENNETT, A.S. —1975— *Volume 1. ONCAL : An on-line calculator for the HP 2100A*, dans *BIO, Computer Note Series*, BI-C-75-3.
- COLE, F. ET C. FERGUSON —1975— *An illustrated catalogue of foraminifera and ostracods from Canso Strait and Chedabucto Bay, Nova Scotia*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-75-5.

- COOTE, A.R. ET R.S. HILTZ —1975— *Distribution of silicate, nitrate and phosphate in the Gulf of St. Lawrence*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-75-14.
- CRANSTON, R.E., R.A. FITZGERALD ET G.V. WINTERS —1975— *Geochemical data : La Have River and Estuary*, dans *BIO, Data Series*, BI-D-75-4.
- CRANSTON, R.E., R.A. FITZGERALD ET G.V. WINTERS —1975— *Geochemical data : Bay of Fundy — Minas Basin*, dans *BIO, Data Series*, BI-D-75-5.
- DOBSON, D. —1975— *Temperature, salinity and density distributions of the Halifax section*, dans *BIO, Data Series*, BI-D-75-6.
- EL-SABH, M.I. —1975— *Transport and currents in the Gulf of St. Lawrence*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-75-9.
- GRANT, S. —1976— *Integration of passive ranging Loran-C, satellite navigation, ship's log, and ship's gyrocompass*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-76-8.
- HARVEY, D.R. ET F.W. DOBSON —1976— *The Bedford Institute wave follower*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-76-13.
- HERMAN, A.W. —1975— *Chlorophyll and dye detection with the variosens fluorometer*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-75-2.
- HERMAN, A.W., P. JOLLYMORE ET E.F. PHILLIPS —1975— *Bottom avoidance system for Batfish*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-75-3.
- JONES, E.P. —1975— *Chemical aspects of air-sea interaction*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-75-17.
- KEENAN, P.V. —1976— *Sources of compass error within the Aanderaa recording current meter*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-76-2.
- LAWRENCE, D.J. ET J. WATLINDER —1976— *Shipboard processing system for Aanderaa current meters using the HP 2100*, dans *BIO, Computer note Series*, BI-C-76-2.
- LENTIN, J.K. ET G.L. WILLIAMS —1975— *A monograph of fossil peridinioid dinoflagellate cysts*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-75-16.
- LEVY, E.M. —1976— *Some aspects of the Canadian activity in marine pollution research and monitoring*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-76-9.
- LEVY, E.M. ET E.P. JONES —1975— *Chemical oceanography in Canada : a review of the past and an assessment for the future*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-75-1.
- LEVY, E.M. ET J.D. MOFFAT —1975— *Floating petroleum residues in the North Atlantic (1971-74)*, dans *BIO, Data Series*, BI-D-75-9.
- MACNAB, R.F. —1976— *The construction of error lobes for two-range positioning systems : a rapid graphical technique*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-76-6.
- McKEOWN, D.L. —1975— *Evaluation of the Huntec ('70) Hydrosonde Deep Tow Seismic System*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-76-5.
- MESHAL, A.H. —1975— *Drag coefficient measured directly and derived from wind profile*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-76-5.

- NEU, H.J.A. —1976— *Wave climate of the North Atlantic — 1970*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-76-10.
- NEU, H.J.A. ET P.E. VANDAL, JR. —1976— *Review of the environmental forces for the design of the Tiner Point oil terminal*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-76-7.
- NICHOLLS, H.B. ET W. SCOTT —1975— *Publications by staff of the Bedford Institute of Oceanography, 1962-1974. List of titles and index*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-75-7.
- OWENS, E.H. ET D.H. FROBEL —1975— *Environmental, morphologic and sediment size data from two barrier beaches in the Magdalen Islands, Que.*, dans *BIO, Data Series*, BI-D-75-8.
- POCKLINGTON, R. —1975— *Carbon, hydrogen, nitrogen and lignin determinations on the sediments from the Gulf of St. Lawrence and adjacent areas*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-75-6.
- POCKLINGTON, R. —1976— *Études océanographiques de base au large du Sénégal et de la Gambie*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-76-14.
- POCKLINGTON, R. ET G.T. HAGELL —1975— *The quantitative determination of organic carbon, hydrogen, nitrogen and lignin in marine sediments*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-75-18.
- REID, S.J. —1975— *Density structure in the Gulf of St. Lawrence : July 1972*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-75-20.
- SIMPKIN, P.G., D.R. PARROTT, R. HUTCHINS ET D.I. ROSS —1976— *Seabed '75 — objectives and achievements*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-76-15.
- SMITH, P.C. ET B. PETRIE —1976— *A proposal to study the dynamics at the edge of the Scotian Shelf*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-76-4.
- STEPANCZAK, M. —1975— *Batfish/CTD data analysis programs in H.P. Fortran*, dans *BIO, Computer Note Series*, BI-C-72-2.
- TAN, F.C., P.M. STRAIN ET J.H. ABRIEL —1976— *Mass spectrometric determination of $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ratios in natural waters*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-76-3.
- TAYLOR, G.B. —1975— *Oceanographic observations in the Magdalen Islands and the Gulf of St. Lawrence from 25 October to 16 November, 1970*, dans *BIO, Data Series*, BI-D-75-7.
- TAYLOR, G.B. —1975— *Saguenay River sections from fifteen cruises 1961-1974*, dans *BIO, Data Series*, BI-D-75-2.
- TRITES, R.W. ET A. WALTON —1975— *A Canadian coastal sea — the Gulf of St. Lawrence*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-75-15.
- VILKS, G. ET G. JOICE —1976— *Foraminifera in sediment cores from Beaufort Sea and Parry Channel, Canadian Arctic*, dans *BIO, Data Series*, BI-D-76-1.
- WAGNER, F.J.E. —1976— *Benthonic foraminifera, southeastern Beaufort Sea*, dans *BIO, Data Series*, BI-D-76-2.
- WALKER, R.E. —1976— *Wave statistics for the North Atlantic Ocean, 1970*, dans *BIO, Data Series*, BI-D-76-3.

WALKER, D.A. ET A.D. PARSONS —1975— *An evaluation of six research scanning electron microscopes*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-75-10.

WALKER, D.A. ET A.D. PARSONS —1975— *Methods to evaluate scanning electron microscopes*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-75-11.

WINTERS, G.V., D.E. BUCKLEY ET R.E. CRANSTON —1975— *A method of evaluating labile trace metal concentrations in natural waters*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-75-19.

YOUNG, W. —1976— *Fluoride to chlorinity ratios in the waters of the St. Lawrence Estuary and the Saguenay Fjord*, dans *BIO, Report Series*, BI-R-76-1.

Rapports techniques du Service des pêches et de la mer

DENMAN, K.L. —1975— *Spectral analysis : a summary of the theory and techniques*, dans *FMS, Tech. Rep.*, n° 539.

HARGRAVE, B.T. —1976— *Short-term changes in suspended particulate carbon and nitrogen near the bottom of a marine bay*, dans *FMS, Tech. Rep.*, n° 602.

HARGRAVE, B.T., G.-A. PHILLIPS ET S. TAGUCHI —1976— *Sedimentation measurements in Bedford Basin 1973-1974*, dans *FMS, Tech. Rep.*, n° 608.

IRWIN, B., T. PLATT, A.D. JASSBY ET D.V. SUBBA RAO —1975— *The relationship between light intensity and photosynthesis by phytoplankton. Results of experiments at three stations in the coastal waters of Nova Scotia*, dans *FMS, Tech. Rep.*, n° 595.

KRAUEL, D.P. —1975— *The physical oceanography of the Bras d'Or Lakes, 1972-1974*, dans *FMS, Tech. Rep.*, n° 570.

KRAUEL, D.P. —1975— *The physical oceanography of the Miramichi River Estuary, September-October 1973*, dans *FMS, Tech. Rep.*, n° 571.

PEASE, A.K. —1976— *Studies of the relationship of RNA/DNA ratios and the rate of protein synthesis to growth in the oyster *Crassostrea virginica**, dans *FMS, Tech. Rep.*, n° 622.

PLATT, T., K.L. DENMAN ET A.D. JASSBY —1975— *The mathematical representation and prediction of phytoplankton productivity*, dans *FMS, Tech. Rep.*, n° 523.

SAMEOTO, D.D. ET L.O. JAROSZYNSKI —1976— *Some zooplankton net modifications and developments*, dans *FMS, Tech. Rep.*, n° 679.

SUBBA RAO, D.V. —1975— *Phytoplankton production, nutrients and density structure in the shelf area of Nova Scotia and Georges Bank during August 1974*, dans *FMS, Tech. Rep.*, n° 524.

TAGUCHI, S., T. PLATT ET M. HODGSON —1975— *Phytoplankton production and nutrients in Bedford Basin 1973 and 1974*, dans *FMS, Tech. Rep.*, n° 587.

Documents de la Commission géologique du Canada

Les références suivies d'un astérisque figurent également dans la liste des articles de l'Institut océanographique de Bedford.

JACKSON, R., C.E. KEEN ET M.J. KEEN —1975— *Seismic structure of continental margins and ocean basins of southeastern Canada*, dans *GSC, Pap.*, 74-51.*

JANSA, L.F., F.M. GRADSTEIN, I.M. HARRIS, W.A.M. JENKINS ET G.L. WILLIAMS —1976— *Stratigraphy of the Amoco IOE A-1 Murre G-67 well, Grand Banks of Newfoundland*, dans *GSC, Pap.*, 75-30.

PIPER, D.J.W. ET M.J. KEEN —1976— *Geological studies in St. Margaret's Bay, Nova Scotia*, dans *GSC, Pap.*, 76-18.*

VAN DER LINDEN, W.J.M. ET J.A. WADE, éd. —1975— *Offshore geology of Eastern Canada*, vol. 2, *Regional geology*, dans *GSC, Pap.*, 74-30.

WAGNER, F.J.E. —1975— *Mollusca of the Strait of Canso area*, dans *GSC, Pap.*, 75-23.*

Documents sur les sciences de la mer

Il s'agit d'un programme de publication mixte, du ministère de l'Environnement (maintenant ministère des Pêches et de l'Environnement) et du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources. Les références suivantes figurent également dans la liste des articles de l'Institut océanographique de Bedford.

HAWORTH, R.T. ET J.B. MacINTYRE —1975— *The gravity and magnetic fields of Atlantic offshore Canada*, dans *Mar. Sci. Pap. 16/ Geol. Surv. Can. Pap.*, 75-9.

KING, L.H. ET B. MacLEAN —1976— *Geology of the Scotian Shelf and adjacent areas*, dans *Mar. Sci. Pap. 7/ Geol. Surv. Can. Pap.*, 74-31.

VAN DER LINDEN, W.J.M., R.H. FILLON ET D. MONAHAN —1976— *Hamilton Bank, Labrador Shelf : evolution of a glaciated shelf*, dans *Mar. Sci. Pap. 14/ Geol. Surv. Can. Pap.*, 74-40.

Principales expéditions de 1975 et 1976

EXPÉDITIONS DE 1975

N° d'expédition et navire	Durée	Chef d'expédition	Région étudiée	Mission
75-001 <i>Dawson</i>	du 3 au 16 janvier	W.D. Forrester, LOA	Secteur nord-est du golfe Saint-Laurent, détroit de Northumberland	Mise en place de l'équipement; mesure des températures, de la salinité et des matières particulières.
75-002 <i>Sackville</i>	du 20 au 23 janvier	S.B. MacPhee, LOA	Atlantique Nord	Évaluation de l'équipement.
75-003 <i>Dawson</i>	du 27 janvier au 1 ^{er} février	A.R. Coote, LOA	Halifax-Bermudes	Étude des matières organiques, de la pollution et de la géologie marine.
75-004 <i>Dawson</i>	du 1 ^{er} au 18 février	R.W. Sheldon, LEM	Bermudes	Recherches sur les poissons et le plancton en surface et en eau profonde.
75-005 <i>Dawson</i>	du 24 au 28 février	R. Reiniger, LOA	Cône laurentien	Essai et mise en place de l'équipement.
75-006 <i>Hudson</i>	du 22 mars au 4 avril	C.S. Mason, LOA	Sud des Bermudes	Perfectionnement et évaluation de l'équipement.
75-007 <i>Hudson</i>	du 11 au 24 avril	D.L. McKeown, LOA	Banc du bassin d'Emerald, baie St. Margaret	Étude Pockmark, collecte de données sismiques, évaluation de l'équipement.
75-008 <i>Dawson</i>	du 14 avril au 2 mai	R. Reiniger, LOA	Cône laurentien	Récupération et remplacement d'instruments mouillés et de maréomètres; cartographie et repérage du front à petite échelle.

75-009
Hudson

Phase I	du 25 avril au 29 mai	G.B. Fader, CGA	À l'est de la presqu'île d'Avalon jusqu'au cap Flemish et dans l'Arctique	Recherches sur la géologie des Grands bancs, élaboration d'une notion de cartographie intégrée par levés.
Phase II	du 2 juin au 3 juillet	C.E. Keen, CGA	Bassin de Terre-Neuve, Grands bancs	Recherches en géophysique.
Phase III	du 21 juillet au 20 août	R.T. Haworth, CGA	Secteur nord-est du golfe Saint-Laurent, secteur au nord-est de Terre-Neuve	Recherches en géologie et en géophysique.
Phase IV	du 24 août au 13 septembre	R. Fillon, CGA	Mer du Labrador, détroit de Davis	Recherches en géologie.
Phase V	du 14 septembre au 12 octobre	S.P. Srivastava, CGA	Île Baffin, détroit de Davis, mer du Labrador, Groenland	Hydrographie et collecte de données géophysiques.
75-010 Dawson	du 3 au 6 mars	R.O. Fournier, univ. Dalhousie	Secteur d'Halifax	Travaux divers.
75-011 Baffin	du 30 avril au 17 octobre	J.M.R. Pilote, LOA	Estuaire du Saint-Laurent, côte du Labrador, bassin Foxe	Cartographie hydrographique.
75-012 Maxwell	du 30 avril au 31 octobre	M.G. Swim, LOA	Provinces de l'Atlantique	Cartographie hydrographique.
75-013 Dawson	du 6 au 14 mai	E.M. Hassan, LOA	Détroit de Belle-Isle, chenal Esquiman, détroit de Cabot	Recherches sur la structure de la température et de la salinité; travaux dans le secteur du détroit de Cabot.
75-014 Christmas Seal	du 26 mai au 29 octobre	V.J. Gaudet, LOA	Côte de la N.-É.; Î.-P.-É.	Levés servant à la révision de cartes et à l'établissement du parcours.

75-015 <i>Dawson</i>	du 27 mai au 8 juin	R. Pocklington, LOA	Golfe Saint-Laurent, détroit de Cabot, détroit de Belle-Isle, détroit de Northumberland	Études de l'oxygène, des résidus de pétrole, des matières organiques, des substances nutritives et de la teneur isotopique du carbone et de l'oxygène.
75-016 <i>Dawson</i>				
Phase I	du 20 juin au 8 juillet	K. Kranck, LOA	Détroit de Belle-Isle, estuaire du Saint-Laurent	Récupération de courantomètres mouillés, étude des caractéristiques des matières particulières.
Phase II	du 8 au 26 juillet	G.H. Seibert, LOA	Fleuve Saint-Laurent	Étude de la circulation dans l'estuaire, mouillage et récupération de courantomètres.
75-017 <i>Theron</i>	du 27 juin au 12 octobre	A.L. Adams, LOA	Côtes de Terre-Neuve et du Labrador	Levés d'itinéraire et levés cartographiques ordinaires.
75-018 <i>Martin Karlisen</i>	du 4 juillet au 14 octobre	G.M. Yeaton; R.K. Williams, LOA	Côte nord de Terre-Neuve, côte et mer du Labrador	Études hydrographiques et géophysiques, vérification de l'efficacité de l'émetteur Loran-C de Cape Race.
75-019 <i>Dawson</i>	du 29 juillet au 4 août	E.M. El-Sabb, UQAR	Estuaire du Saint-Laurent	Études multidisciplinaires.
75-020 <i>Dawson</i>	du 11 au 15 août	R. Reimiger, LOA	Cône laurentien	Récupération de l'équipement, établissement du profil CTP.
75-021 <i>Dawson</i>	du 25 au 29 août	R.O. Fournier, univ. Dalhousie	Secteur d'Halifax	Étude du recyclage des substances nutritives.
75-022 <i>Maxwell</i>	du 19 au 31 août	A.W. Herman, LOA	Approches du port d'Halifax, côte de Yarmouth (N.-É.)	Détection de la chlorophylle, essai de l'équipement.
75-023 <i>Dawson</i>	du 18 au 22 août	D.R. Bignell, ICNAF	Sable Bank	Patrouille de l'ICNAF*.

75-024 <i>Dawson</i>	du 2 au 19 septembre	W.F. Gidney, Agent des pêcheries	Grands bancs, cap Flemish	Patrouille des pêcheries.
75-025 <i>Dawson</i>	du 23 septembre au 1 ^{er} octobre	D.L. McKeown, LOA	Golfe Saint-Laurent	Mesure du contenu en pétrole de l'épave du <i>Irving Whale</i> , essai de l'équipement.
75-026 <i>Dawson</i>	du 6 au 10 octobre	J.M. Bowers, LOA	Secteur d'Halifax	Collecte de données chimiques et océanographiques de base.
75-027 <i>Dawson</i>	du 20 au 30 octobre	C.S. Mason, LOA	Vers le sud à partir d'Halifax le long du 62 ^o O., entre 43 ^o N. et 37 ^o N., et retour	Comparaisons entre les instruments de l'IOB et ceux de l'université de Kiel, appréciation des instruments, mesures OCTUPROBE.
75-028 <i>Dawson</i>	du 3 au 14 novembre	G. Vilks, CGA	Côte de la N.-É., baie de Fundy	Études géologiques et biologiques.
75-029 <i>Maxwell</i>	4 et 5 novembre	D.D. Lelievre, LOA	Entrée du port d'Halifax	Mise en place de l'équipement.
75-030 <i>Maxwell</i>				
Phase I	du 10 au 20 novembre	J.-G. Dessureault, LOA	Bassin de Bedford	Essai de l'équipement.
Phase II	du 20 novembre au 5 décembre	P.G. Simpkin, Hunttec (70) Ltd.	Baie St. Margaret, bassin d'Emerald, bassin de Bedford	Établissement du profil sismique à faible profondeur, étude Pockmark, échantillonnage des fonds, évaluation de l'équipement.
75-031 <i>Dawson</i>	du 17 au 28 novembre	T.R. Foote, LOA	Golfe Saint-Laurent	Échantillonnage des températures et de la salinité pour le Centre de prévision des glaces (MDE).
75-032 <i>Baffin</i>	du 20 octobre au 3 novembre	D.R. Bignell, W. Higgins, ICNAF	Côte nord-est de Terre-Neuve	Patrouille des pêcheries.
75-033 <i>Dawson</i>	du 2 au 5 et du 8 au 14 décembre	R. Reiniger, LOA	Gulf Stream	Études diverses, y compris le mouillage de courantomètres.

75-050 <i>Sigma-T</i>	sorties périodiques	M. Hodgson, LEM	Bassin de Bedford	Étude de la saturation de la lumière.
75-051 <i>Navicula</i> <i>Sigma-T</i>	sorties périodiques	J. Therriault, LEM	Baie St. Margaret	Étude de la variabilité spatiale de la production primaire.
75-052 <i>Whip-the-Wing</i>	15 mai juillet	B. Tessier, LEM	Bassin de Bedford	Étude de la variabilité à court terme des paramètres de saturation de la lumière.
75-053 <i>Margaret</i> <i>Robert</i> <i>Navicula</i>	sorties périodiques	K.F. Drinkwater, LOA	Baie St. Georges (N.-E.)	Étude d'océanographie physique.
75-054 <i>Prince</i>	du 12 au 20 juin	R. Shotton, LEM	Golfe Saint-Laurent	Détection acoustique des poissons.
75-055 <i>Sigma-T</i> <i>Navicula</i>	sorties périodiques	Divers scientifiques du LEM	Baie St. Margaret	Études biologiques, levés hydrographiques.
75-056 <i>Rigolet</i>	du 2 septembre au 8 octobre	A. Cardinale, GIROQ	Estuaire du Saint-Laurent	Travaux divers.
75-057 <i>Bayfield</i>	du 4 au 19 juillet	S. Carignan, UQAR	Estuaire du Saint-Laurent	Mesure des températures et de la salinité.
EXPÉDITIONS DE 1976				
76-001 <i>Baffin</i>	du 26 janvier au 15 avril	R. Marshall, ACDI	Marge continentale du Sénégal et de la Gambie	Étude de paramètres multiples.
76-002 <i>Hudson</i>	du 23 février au 7 avril	R.A. Clarke, LOA	Mer du Labrador	Études de la formation de l'eau dans la mer du Labrador et de la circulation hivernale dans le secteur ouest de cette nappe d'eau.

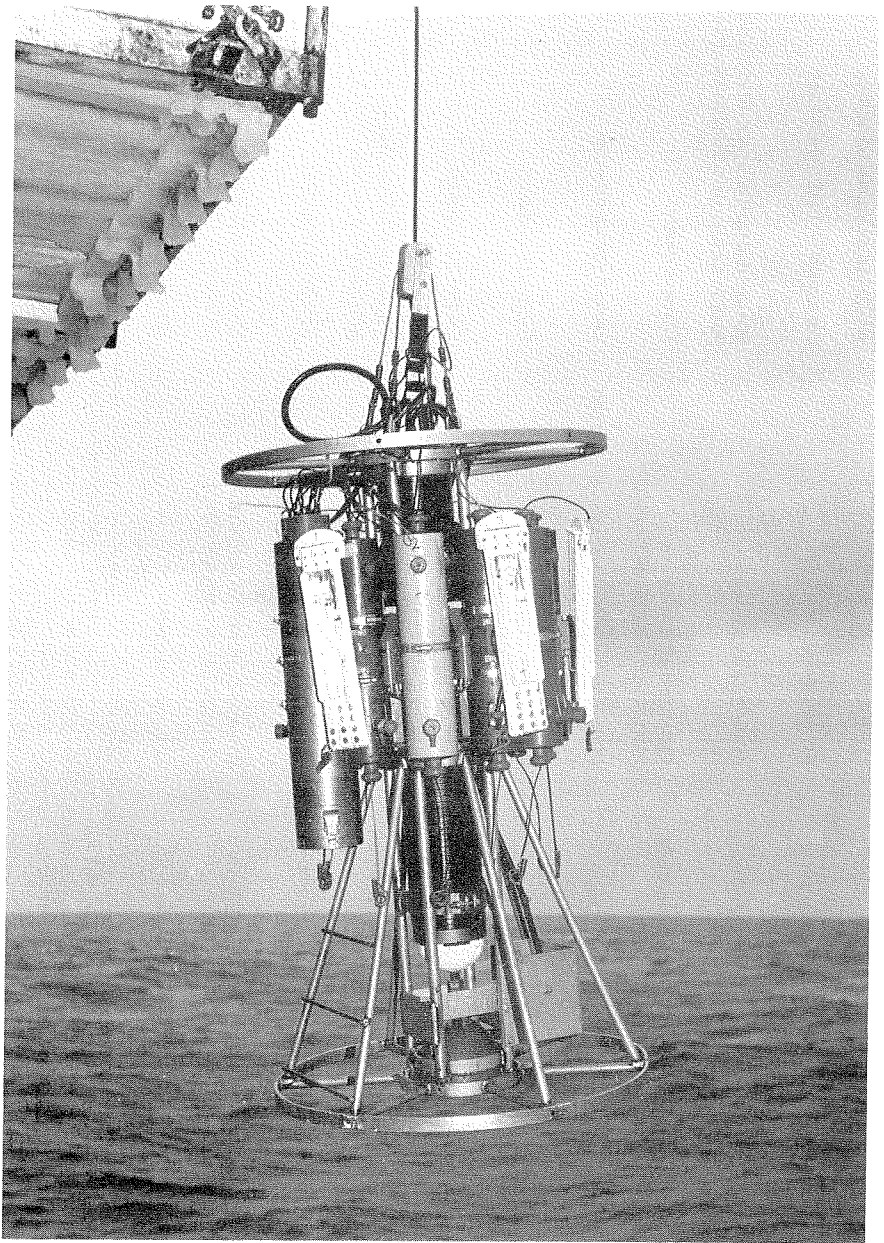
76-003 <i>Dawson</i>	du 1 ^{er} au 7 mars	R.O. Fournier, univ. Dalhousie	Plateau et talus continentaux de la N.-É., secteur d'Halifax	Mesure de plancton et des substances nutritives, expérience de génération de substances nutritives.
76-004 <i>Dawson</i>	du 15 au 26 mars	D.E.T. Bidgood, NSRF*	Plateau continental de la N.-É., baie Mahone	Évaluation de l'équipement, études géologiques côtières.
76-005 <i>Dawson</i>	du 5 au 15 avril	P.C. Smith, LOA	Plateau et talus continentaux de Scotian	Levés hydrographiques et biologiques, récupération et déploiement d'un groupement de courantomètres.
76-006 <i>Hudson</i>	du 20 au 28 avril	J.M. Bowers, LOA	Estuaire du Saint-Laurent, fjord du Saguenay	Étude du comportement des oligo-éléments.
76-007 <i>Dawson</i>	du 28 avril au 4 mai	B. Sunby, N. Silverberg, UQAR	Estuaire du Saint-Laurent	Études biogéochimiques de la phase solide.
76-008 <i>Hudson</i>	du 29 avril au 7 mai	M. Dunbar, univ. McGill	Estuaire du Saint-Laurent	Échantillonnage biologique.
76-009 <i>Maxwell</i>	du 3 mai au 29 octobre	R.M. Cameron, LOA	Provinces de l'Atlantique	Cartographie hydrographique.
76-010 <i>Dawson</i>	du 5 au 13 mai	R.J. Conover, LEM	Golfe Saint-Laurent (courant de Gaspé)	Étude des euphasiacés, étude de la physiologie et des couches de dispersion, transport de plancton par filet.
76-011 <i>Northern Seal</i>	du 3 juin au 27 octobre	E.J. Comeau, LOA	Provinces de l'Atlantique	Révision de cartes et levés de parcours.
76-012 <i>Baffin</i>				
Phase I	du 17 mai au 16 juillet	D.D. Lelievre,	Estuaire du Saint-Laurent	Cartographie hydrographique.
Phase II	du 26 juillet au 30 septembre	D.D. Lelievre, LOA	Côte du Labrador, bassin Foxe	Cartographie hydrographique.

76-013 <i>Hudson</i>	du 17 au 27 mai	D.L. McKeown, LOA	Bassin d'Émerald, rupture du plateau continental (N.-É.)	Perfectionnement des instruments.
76-014	du 17 au 21 mai	D. DeWolfe, LOA	Golfe du Maine	Étude des marées.
Phase I	du 21 au 28 mai	C.T. Schafer, CGA	Bassin des Mines et abords	Échantillonnage de sédiments, mouillage de courantomètres.
Phase II	du 2 au 8 juin	R. Reiniger, LOA	Gulf Stream	Mouillage et récupération d'instruments, établissement du profil CTP, échantillonnage d'eau.
76-015 <i>Dawson</i>	du 7 au 23 juin	L.H. King CGA	Partie est du golfe du Maine	Études touchant le positionnement acoustique autour de la coque du navire : prélèvement de limon dans le bassin d'Émerald au moyen de carottiers à piston.
76-017 <i>Dawson</i>	du 14 au 18 juin	R.O. Fournier, univ. Dalhousie	Côte de la N.-É. au large d'Halifax, secteur d'Halifax	Travaux divers.
76-018 <i>Theron</i>	du 21 juin au 6 octobre	A.L. Adams, LOA	Côte du Labrador	Cartographie hydrographique.
76-019 <i>Martin Karlsen</i>	du 28 juin au 30 septembre	J.M.R. Pilote, LOA	Mer du Labrador	Études hydrographiques et géophysiques intégrées.
76-020 <i>Hudson</i>	du 28 juin au 14 juillet	P.C. Smith, LOA	Plateau et talus continentaux de Scotian	Études hydrographiques et biologiques, récupération et déploiement de groupements de courantomètres mouillés.
76-021 <i>Dawson</i>	du 22 juin au 2 juillet	A.R. Coote, LOA	Eau du talus (détroit de Cabot)	Études des substances nutritives dans le détroit et de la répartition de l'eau du talus.
76-022 <i>Dawson</i>	du 19 au 27 juillet	M.I. El-Sabh, UQAR	Côte ouest de l'île d'Anticosti	Étude des conditions à l'intérieur et autour du tourbillon d'Anticosti.

76-023 <i>Hudson</i>	du 26 juillet au 19 août	R.K.H. Falconer, CGA	Plateau continental du Labrador, baie Baffin, détroit de Lancaster	Études géophysiques du plateau et des marges.
76-024 <i>Dawson</i>				
Phase I	du 9 au 12 août	D. DeWolfe, LOA	Au sud de Georges Bank et du plateau continental de Scotian	Mouillage de maréomètres.
Phase II	du 12 au 17 août	R.O. Fournier, univ. Dalhousie	Golfe du Maine, secteur d'Halifax	Études diverses.
76-025 <i>Hudson</i>	du 19 août au 13 septembre	C.F.M. Lewis, Division de la science des terrains, CGA	Détroit de Lancaster	Études géologiques et géophysiques multidisciplinaires.
76-026 <i>Dawson</i>	du 27 août au 2 septembre	A.W. Herman, LOA	bassin de la Have, bassin d'Émerald, rupture du plateau continental (N.-É.)	Essai d'équipements, étude de la biomasse du zooplancton.
76-027 <i>Dawson</i>	du 7 au 17 septembre	D.L. McKeown, LOA	Golfe Saint-Laurent	Mesure du contenu en pétrole de l'épave du <i>Irving Whale</i> , essai de l'équipement.
76-029 <i>Hudson</i>	du 21 septembre au 23 octobre	R.K.H. Falconer, CGA	Baie Baffin, secteur nord de la mer du Labrador	Études géophysiques, échantillonnage de la roche de fond.
76-030 <i>Dawson</i>	du 27 septembre au 7 octobre	N.S. Oakey, LOA	Plateau continental à l'est du bassin d'Émerald	Examen de la variabilité de la microstructure et de la turbulence à un emplacement donné.
76-031 <i>Martin Karlsen</i>	du 2 au 16 octobre	M.J. Keen, univ. Dalhousie	Bassin de Terre-Neuve	Études géophysiques.
76-032 <i>Theron</i>	du 6 au 12 octobre	D. DeWolfe, LOA	Plateau continental du bassin d'Émerald jusqu'au sud de Nantucket	Récupération de maréomètres mouillés.
76-033 <i>Dawson</i>	du 13 au 22 octobre	P.C. Smith, LOA	Plateau et talus continentaux de Scotian	Levés hydrographiques.

76-034 <i>Dawson</i>	du 1 ^{er} au 10 novembre	R. Reiniger, LOA	Gulf Stream	Études d'océanographie physique et mouillage de courantomètres.
76-035 <i>Labrador</i>	du 19 juillet au 3 octobre	V.J. Gaudet, LOA	Est de l'Arctique	Cartographie hydrographique.
76-036 <i>Dawson</i>	du 16 au 22 novembre	T.R. Foote, LOA	Golfe Saint-Laurent	Mesure des températures et de la salinité pour le Centre de prévision des glaces (MDE).
76-037 <i>Dawson</i>	du 23 novembre au 3 décembre	N. Silverberg, UQAR	Estuaire du Saint-Laurent, plateau continental de Rimouski	Travaux divers.
76-038 <i>Dawson</i>	du 9 au 21 décembre	P.C. Smith, LOA	Plateau et talus continentaux de Scotian	Levés hydrographiques.
76-050 <i>Divers navires</i>	sorties périodiques	T.C. Platt, LEM	Bassin de Bedford	Études biologiques.
76-051 <i>Divers navires</i>	sorties périodiques	J.C. Smith, LEM	Baie St. Margaret	Études biologiques.
76-053 <i>Queenie</i>	sorties périodiques	D.E. Buckley, CGA	Estuaire de la Miramichi	Études multidisciplinaires sur l'environnement.
76-054 <i>Navicula</i>	printemps et été	T.C. Lambert, LEM	Baie St-Georges (N.-É.)	Études biologiques.
76-055 <i>Hillsborough</i>	du 19 au 24 juillet	D. DeWolfe, LOA	Plateau continental de Scotian, Georges Bank, golfe du Maine	Études de marées et mise en place de maréomètres.
76-056 <i>J.L. Hart</i>	du 15 octobre au 29 novembre	P. Lehman, LEM	Baie St. Margaret	Études biologiques.

- 1) Les abréviations suivantes ont été employées dans les deux tableaux : CGA : Centre géoscientifique de l'Atlantique; CGC : Commission géologique du Canada; GIROQ : Groupe interuniversitaire de recherches océanographiques du Québec; LEM : Laboratoire d'écologie marine; LOA : Laboratoire océanographique de l'Atlantique; NSRF : Nova Scotia Research Foundation (Fondation de recherches de la Nouvelle-Ecosse); UQAR : Université du Québec à Rimouski; univ. : université.
- 2) Pour plus de renseignements, prière de communiquer avec le chef de la Division des navires, Ressources de l'Institut, Dartmouth (N.-É.), B2Y 4A2.
- 3) Aucune expédition ne correspond aux numéros suivants : 75-034 à 75-049, 76-028, 76-039 à 76-049 et 76-052.



Agrandissement des installations

En février 1975, le projet d'amélioration des installations existantes de l'Institut et de construction d'installations supplémentaires a été approuvé au coût de \$18 363 000. Le projet d'expansion, qui vise à doubler l'espace actuel, doit s'échelonner sur 5 ans. Les nouvelles installations comprendront : laboratoires, bureaux, bibliothèque, centre de calcul, un système de contrôle d'insolation destiné à réduire l'accumulation de chaleur dans les bureaux, une nouvelle voie d'accès et les réservoirs piscicoles et les chambres de stockage des carottes géologiques seront agrandis. Une partie importante des nouvelles installations sera consacrée à l'hébergement des représentants des sociétés privées qui ont conclu des contrats de recherche et de développement avec le gouvernement. Les travaux se poursuivent selon l'échéancier. La photographie des deux pages suivantes montre le complexe partiellement construit.



Cette maquette des installations de l'IOB montre les nouveaux bâtiments (de couleur blanche). (LOA 3429)



