

Institut Océanographique
de Bedford

REVUE 1984
de L'IOB



Canada

L'Institut océanographique de Bedford, principale institution canadienne dans le domaine de l'océanographie, est lié à plusieurs ministères fédéraux, et son personnel se compose donc de fonctionnaires.

Les installations de l'Institut (bâtiments, navires, ordinateurs, bibliothèque, ateliers, etc.) relèvent du ministère des Pêches et des Océans, par l'intermédiaire du directeur général des Sciences et Levés Océaniques (région de l'Atlantique). Les principaux laboratoires et ministères présents sont les suivants :

Ministère des Pêches et des Océans (MPO)

- Service hydrographique du Canada (Région de l'Atlantique)
- Laboratoire océanographique de l'Atlantique
- Laboratoire d'écologie marine
- Division des poissons de mer

Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources (EMR)

- Centre géoscientifique de l'Atlantique

Ministère de l'Environnement (MDE)

- Unité de recherche sur les oiseaux de mer.

L'Institut possède une flottille de trois navires de recherche, ainsi que des bateaux plus petits. Les deux plus grands navires scientifiques, l'*Hudson* et le *Baffin*, sont polyvalents, présentent une très grande autonomie et possèdent la cote Lloyds Ice Class I, ce qui leur permet de naviguer dans tout l'Arctique canadien.

L'Institut se fixe quatre objectifs :

- (1) réaliser des recherches fondamentales à long terme dans tous les domaines des sciences de la mer (et constituer le plus grand rassemblement d'experts au Canada);
- (2) réaliser des recherches appliquées à court terme pour répondre aux besoins actuels du pays et donner des conseils sur la gestion du milieu marin, notamment ses ressources halieutiques et ses réserves sous-marines d'hydrocarbures;
- (3) réaliser les levés et les travaux cartographiques nécessaires pour fournir des cartes nautiques couvrant la région allant du banc Georges au passage du Nord-Ouest, dans l'Arctique canadien;
- (4) apporter une aide scientifique et technique pour toute situation d'urgence affectant le milieu marin dans la région.

W.D. Bowen – *Chef, Division des poissons de mer, MPO*

M.J. Keen – *Directeur, Centre géoscientifique de l'Atlantique, EMR*

A.J. Kerr – *Directeur, Région de l'Atlantique, Service hydrographique du Canada, MPO*

K.H. Mann – *Directeur, Laboratoire d'écologie marine, MPO*

G.T. Needler – *Directeur, Laboratoire océanographique de l'Atlantique, MPO*

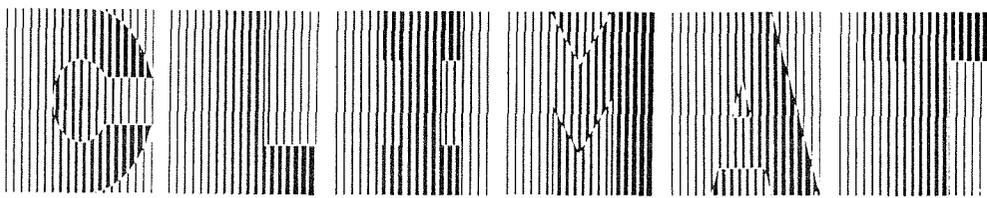
D.N. Nettleship – *Service canadien de la faune, Unité de recherche sur les oiseaux de mer, MPO*

Couverture:

Estampe "The Glacier of Sermiatsialik, Greenland" reproduite de :

Adams, William Henry Davenport. 1876. *The Arctic World: Its plants, Animals, and Natural Phenomena, with a Historical Sketch of Arctic Discovery down to the British Polar Expedition, 1875-76.* London: T. Nelson & Sons: p. 129.

Le changement et la variabilité du climat sont le thème du *Rapport de l'IOB* de cette année. La calotte glaciaire permanente de pôles a une profonde influence sur le climat du globe et, parmi les instituts océanographiques, l'IOB est particulièrement actif dans le domaine des recherches et des études aux hautes latitudes. Nombre de résultats de travaux sur le climat figurant dans le Rapport sont basés sur des données recueillies au cours d'expédition en mer dans l'Arctique canadien et les régions voisines.



Changement et variabilité climatiques

Pendant l'hiver austral de 1982, de forts vents du sud ont pris naissance dans la mer de Tasmanie et touché un territoire allant du sud de la Nouvelle-Zélande à presque l'équateur. Ces vents ont été le premier signe avant-coureur des désastres météorologiques qui touchèrent l'ensemble de la planète, pendant les deux années qui suivirent. Ils ont donné naissance à des vents d'ouest inhabituels dans la région tropicale du Pacifique, lesquels ont engendré le plus fort *el Niño* du siècle; on connaît les inondations et les tempêtes qui ont touché la Californie et l'ouest de l'Amérique du Sud, les sécheresses qui se sont abattues sur l'Afrique, l'Indonésie et la Chine, et l'absence de mousson en Inde.

On a rapidement constaté que tous ces phénomènes, qui ont causé tant de pertes de vies, en plus de centaines de millions de dollars de dommages, ont été partiellement engendrés par un important changement dans la circulation des eaux du Pacifique tropical, lequel est relié à des changements météorologiques planétaires. Sans être entré dans la langue courante, on sait que *el Niño* est maintenant largement connu, tout comme ses conséquences. Ici au Canada, l'hiver 1982-1983 a été l'hiver qui n'en n'était pas un; on se souvient des conséquences sur la consommation d'énergie et de la frustration des amateurs de sports de neige. Cette année-là, pour la première fois depuis des décennies, les déserts côtiers du Pérou se sont couverts de fleurs.

Depuis 1982, les spécialistes des océans ont travaillé de pied ferme pour essayer de comprendre ce qui s'était passé exactement. En plus d'être l'événement le plus important du siècle, en son genre, il a aussi été le plus étudié; en effet, les océanographes et les météorologues passent une bonne partie de leur temps à étudier *el Niño*, depuis déjà plusieurs décennies. Il est maintenant évident que, en plus des phénomènes du Pacifique tropical, des conditions anormales se sont produites dans des régions aussi éloignées que le golfe d'Alaska et dans la majeure partie de l'Atlantique.

La modification du tableau des courants océaniques, en plus d'avoir été reliée à des changements météorologiques, a eu des conséquences importantes pour la faune marine et les ressources halieutiques. Les phoques et les iguanes des îles

Galapagos ont souffert du phénomène; des oiseaux de mer ne se sont pas reproduits dans bon nombre d'îles du Pacifique; en plus, les grandes pêcheries du courant d'Humboldt ont subi un autre important changement: les prises d'anchois, de sardines, de coquilles Saint-Jacques et de bonites ont toutes été touchées, positivement ou négativement. Enfin, dans plusieurs régions océaniques éloignées du Pacifique oriental, on signale de plus en plus de changements, vers le nord et vers le sud, dans les aires de répartition de diverses espèces.

Que ce soit par coïncidence ou parce que nous étions tous intéressés par ces événements et leur capacité de déséquilibrer l'environnement, la préoccupation du public s'est accrue pendant cette période à l'égard d'un processus à beaucoup plus long terme qui pourrait modifier le climat planétaire; et, contrairement à *el Niño*, ce changement serait provoqué par l'homme. Si l'expression «effet de serre» ne se retrouve pas encore dans les conversations courantes, bon nombre de gens savent déjà que les rejets de nos activités industrielles et agricoles et des transports contribuent directement à l'augmentation des concentrations d'anhydride carbonique dans l'atmosphère, depuis le début de la Révolution industrielle; et l'on pense que cette tendance



ROGER BELANGER

Alan Longhurst

apparemment irréversible entraînera une augmentation de la température du globe terrestre au cours du siècle qui vient, pas beaucoup mais suffisamment pour modifier le climat, déplacer les régions agricoles, faire monter le niveau des océans et engendrer d'autres catastrophes.

Comme pour les phénomènes entraînés par *el Niño*, le grand public comprend que les océans ont un rôle primordial à jouer dans le rythme de progression de l'«effet de serre» et de son influence sur le climat; dans une large mesure, le rythme d'absorption de l'anhydride carbonique par l'océan, par simple dissolution ou incorporation dans la chaîne alimentaire, déterminera la vitesse à laquelle ce gaz et d'autres composés chimiques, qui emmagasinent aussi la chaleur, s'accumuleront.

Si le public en est pleinement conscient aujourd'hui, cette série de problèmes préoccupe les météorologues et les océanographes depuis au moins un siècle. Il y a environ 100 ans, le service météorologique de l'Inde a commencé à chercher des liens statistiques entre l'absence de mousson dans ce pays, qui a causé entre autres la désastreuse famine de 1877, et d'autres indices météorologiques – comme la pression d'air de surface dans des régions éloignées de la zone indo-pacifique. Au début du siècle, le directeur général des observatoires de l'Inde, Gilbert Walker, avait découvert le mécanisme fondamental qui régit les phénomènes d'*el Niño*. Nous savons maintenant qu'une des conséquences d'*el Niño* est souvent la sécheresse, ou l'absence de mousson dans le sous-continent indien. Dans des statistiques historiques sur l'occurrence d'*el Niño*, il n'est guère surprenant de constater que l'année 1877-1878 figure parmi les 14 manifestations les plus importantes des 200 dernières années.

Mais qu'est-ce que cela a à voir avec le Canada et l'océanographie canadienne? Si vous aviez été un fermier du sud de la Saskatchewan pendant l'été sec de 1984, vous vous seriez peut-être demandé si ce qui vous frappait et aurait pu vous obliger à abandonner l'agriculture l'année même n'était pas prévisible; le cas échéant, vous auriez pu prendre les mesures financières appropriées pour résister à l'épreuve. De même, pêcheur côtier de la Nouvelle-Écosse pendant le même été, vous vous seriez certainement demandé si la surabondance de chiens de mer, invendables mais empêchant la pêche des bonnes espèces, n'était pas le résultat des changements de circulation des courants océaniques de cette année et, le cas échéant, aurait-il été possible de les prévoir? Peut-être ne savez-vous pas que le phénomène qui vous afflige peut prendre ses racines dans des processus qui sont étudiés et qui commencent à être compris par des océanographes, dont des spécialistes du ministère fédéral des Pêches et Océans; cependant, vous savez que quelque chose ne va pas.

C'est pourquoi il nous a semblé normal, de préférence à l'examen régional auquel nous pensions consacrer notre *Revue 1984 de l'IOB*, de discuter des façons dont l'Institut étudie depuis longtemps des problèmes scientifiques complexes, lesquels doivent être résolus avant qu'il soit

possible et pratique de prévoir les phénomènes qui nous ont frappés en 1982-1983, et qu'il soit pensable d'influer sur la vie des générations futures. L'IOB ne compte pas de programme de recherche climatique en tant que tel; les problèmes de la variabilité du milieu marin sont étudiés dans le cadre plus général des projets océanographiques, géologiques et hydrographiques.

L'IOB poursuit une vaste gamme d'activités liées au climat; on s'intéresse tant à la façon dont l'anhydride carbonique passe de l'air à l'eau de mer de surface et au rythme de cet échange qu'aux conséquences de la fluctuation annuelle de la banquise sur le transport maritime dans le passage du Nord-Ouest. La variabilité des anciens climats, comme on peut la constater dans des carottes de sédiments provenant des profondeurs des océans, est étudiée par des géologues; les biologistes, de leur côté, se penchent sur l'effet des écarts climatiques annuels sur le rythme de reproduction des poissons, dans le nord-est de l'Atlantique. Le personnel de l'IOB s'emploie à planifier en fonction de divers composants des programmes nationaux et internationaux de recherche climatique, lesquels sont élaborés par suite des nouvelles connaissances que l'on acquiert sur la variabilité des océans et ses effets sur l'économie nationale. Certains projets donnent des informations à long terme, notamment sur les températures et les niveaux des eaux côtières; ces données servent à évaluer les changements, à mesure qu'ils se produisent. D'autres programmes, comme celui qui porte sur les températures de l'Atlantique, depuis Halifax jusqu'en Europe, seront bientôt mis à exécution; ils permettront au Canada de prendre part à la collecte de données à laquelle se livrent déjà de nombreux pays.

Les diverses contributions à la Revue ne visent pas à couvrir tout le travail fait à l'Institut en matière de climat; ces informations se trouvent dans des ouvrages mentionnés avec la liste ordinaire des descriptions de toutes nos activités. Les principaux chapitres descriptifs ne présentent qu'un aperçu choisi de l'ensemble du travail.

Les derniers chapitres de la *Revue 1984 de l'IOB* comportent le relevé annuel des informations sur l'Institut : publications, voyages, projets de recherche et d'étude ainsi que statistiques sur certaines installations offertes par l'Institut.

Il n'est pas fortuit que la *Revue* traite de la présentation de la médaille Huntsman 1984 à un océanographe qui s'est penché sur les paléoclimats de la terre et qui a souligné, lors de la cérémonie de présentation, l'importance de l'analyse de ces anciens climats pour l'interprétation des changements actuels et la prévision des changements probables.

A.R. Longhurst
Directeur général
Sciences et levés océaniques Atlantique
Ministère des Pêches et des Océans

Table des matières

CHANGEMENT ET VARIABILITÉ CLIMATIQUES	1	<i>La Revue de l'IOB</i> est publiée chaque
1. PALÉOCLIMATOLOGIE – CONNAÎTRE LES ÉTATS PASSÉS DES OCÉANS	5	année par l'Institut océanographique
Climat et observations géologiques (<i>C.T. Schafer, P.J. Mudie et J.N. Smith</i>)	6	de Bedford. Pour tout changement
Modèles paléoclimatiques fondés sur l'observation des fossiles : étude portant sur le lac Melville, au sud-est du Labrador (<i>G. Vilks</i>)	9	d'adresse et demande de renseignements, s'adresser au :
2. CIRCULATION OCÉANIQUE ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES – ATLANTIQUE NORD	13	Service des publications
Études du Gulf Stream (<i>R.M. Hendry</i>)	13	Institut océanographique de Bedford
Pour un programme de recherche climatique mondiale (<i>F.W. Dobson et S.D. Smith</i>)	16	C.p. 1006
Tendances et configuration des températures de surface dans le nord-ouest de l'Atlantique (<i>R.W. Trites</i>)	19	Dartmouth (Nouvelle-Écosse)
3. INFLUENCE DE L'ARCTIQUE	22	Canada B2Y 4A2
Ruissellement de l'Arctique dans l'Atlantique nord (<i>J.R.N. Lazier</i>)	22	(ISSN) 0229-8910
La glace de mer, indicateur de changements climatiques (<i>G. Symonds</i>)	25	Numéro de catalogue Fs75-203/1984E
Les changements climatiques et l'exploration de l'Arctique canadien par mer (<i>A.J. Kerr et K. MacDonald</i>)	28	ISBN 0-662-12444-8
4. RÉTROACTION ET EFFETS SUR LES ORGANISMES VIVANTS	32	An English version is also available
Le bioxyde de carbone et le cycle biologique de l'océan (<i>A.R. Longhurst, W.G. Harrison et T. Platt</i>)	32	© 1984 Ministre des Approvisionnements et Services du Canada
Climat, ruissellement d'eau douce et pêche (<i>K.F. Drinkwater</i>)	35	
Reproduction des oiseaux de mer de l'Arctique lorsque les conditions des glaces sont inhabituelles : la marmette de Brünnich <i>Uria lomvia</i> — 1978 (<i>D.N. Nettleship, T.R. Birkhead et A.J. Gaston</i>)	38	Revue 1984 de l'IOB :
5. CARTES ET PUBLICATIONS	43	<i>Rédacteur en chef</i> —
6. EXPÉDITIONS RÉALISÉES EN 1983	53	Michael P. Latrémouille
7. ORGANISATION ET PERSONNEL	63	<i>Coordination</i> —
8. LISTE DES TRAVAUX DE RECHERCHE	67	Susan Scale
		<i>Composition</i> —
		Graph Comp Design,
		Ottawa
		<i>Impression</i> —
		Kromar Printing Ltd.,
		Winnipeg

RÉCIPIENDAIRES DE LA MÉDAILLE HUNTSMAN



ROGER BÉLANGER

Wolfgang Berger



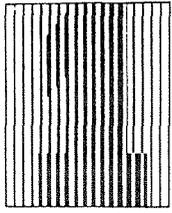
ROGER BÉLANGER

Reuben Lasker

M. Wolfgang Berger, de l'Institut océanographique Scripps a été le récipiendaire de 1984 de la médaille A. G. Huntsman d'excellence en sciences marines. Ce sont ses travaux sur les cycles de préservation et de dissolution des carbonates dans les sédiments des grandes profondeurs qui lui ont valu cet honneur. M. Berger a avancé l'hypothèse du lysocline, c'est-à-dire une certaine profondeur où le rythme de dissolution du carbonate de calcium dépasse le taux combiné de déposition et de précipitation. Il a expliqué comment le lysocline a varié au cours des ans et a fait le lien avec des changements climatiques planétaires.

M. Reuben Lasker, du *National Marine Service de La Jolla* (Californie) a reçu le médaille Huntsman en 1983 pour sa recherche soutenue sur la «période critique» des poissons à l'état larvaire et la détermination de la taille des classes d'âge. Pendant 15 ans, M. Lasker et ses collaborateurs ont fait des expériences et des observations sur le terrain pour percer le secret du mécanisme qui détermine la taille des classes d'âge de la population des anchois de Californie.

Le médaille récompense A.G. Huntsman est décernée aux scientifiques qui ont une influence déterminante sur l'orientation de la pensée scientifique dans le domaine marin. Créée par l'Institut océanographique de Bedford, et jouissant de l'appui de l'industrie pétrolière, des gouvernements, des entreprises halieutiques et connexes, la médaille rappelle la mémoire d'Archibald G. Huntsman (1883-1972), pionnier de l'océanographie et de la biologie des pêches au Canada. Des scientifiques de tout le Canada peuvent voir leur nom proposé par des collègues. Parmi les récipiendaires précédents, on remarque Christopher J.R. Garrett, Ramon Margalef, Dan P. MacKenzie, Henry M. Stommel et J. Tuzo Wilson. On décerne la récompense dans l'une des trois catégories (sauf la première année, en 1980, où il y eut un récipiendaire par catégorie) : géosciences marines, océanographie physique et chimique, biologie marine.



Paléoclimatologie — Connaître les états passés des océans

Les océans, comme nous les connaissons, sont constitués d'eau dont la température dépasse de quelques degrés seulement le point de congélation. Aujourd'hui, les mers polaires sont couvertes partiellement par les glaces, et une très mince couche d'eau chaude recouvre les masses inférieures froides; dans les mers tropicales, il suffit de descendre de quelques centaines de mètres pour atteindre des températures comparables à celles de la mer du Labrador, en été. Or, il n'en a pas toujours été ainsi. Pendant de longues périodes, aux ères primaire et secondaire (paléozoïque et mésozoïque), les mers polaires étaient presque aussi chaudes que le Gulf Stream, au large de la côte est du Canada; il n'y avait pas de calottes polaires et les océans tropicaux de l'époque ressemblaient à la mer Rouge. Pendant des périodes beaucoup plus courtes, à l'apogée des dernières glaciations, les océans étaient encore plus froids qu'aujourd'hui, la couche d'eau chaude était beaucoup moins étendue et les calottes polaires étaient tellement importantes que les océans avaient un niveau qui a parfois été de 100 m inférieur au niveau actuel.

Il semble que les changements climatiques soient rattachés à divers mécanismes; or, on pense que le facteur clé est la concentration d'anhydride carbonique dans l'atmosphère. En empêchant le rayonnement émis par la terre de s'échapper dans l'espace, ce gaz fait de notre planète une «serre»; en effet, elle absorde plus de chaleur du soleil qu'elle n'en perd. Il semble que ce soit le mécanisme principal, pour les phénomènes à court et à long terme; et cette concentration est déterminée par l'équilibre, encore bien mal compris, entre les forces de rejet du gaz dans l'atmosphère – activité volcanique, décomposition de la biomasse forestière, modification de l'écosystème océanique – d'une part, et les forces qui absorbent l'anhydride carbonique – vieillissement des chaînes de montagnes, accumulation de biomasse comme le charbon et le pétrole – d'autre part.

Pour connaître les effets qu'aura l'augmentation évidente de la concentration d'anhydride carbonique sur le climat terrestre, tant dans l'atmosphère que dans les océans, notre principal fil conducteur est l'étude des réactions des océans aux changements passés. Tant à l'IOB que dans les autres grands instituts de recherche océanographique, nous fouillons l'histoire des océans afin de découvrir comment ces mécanismes ont causé les changements que nous constatons. À partir de ces études, nous espérons déterminer le rythme de ces changements, la sensibilité des nouveaux climats aux variations et le niveau probable des mers dans une cinquantaine d'années. Suivent deux exemples de ce type de recherches.

Climat et observations géologiques

C. T. Schafer, P.J. Mudie et J.N. Smith

On peut trouver, dans les sédiments marins, des indices sur les conditions climatiques des dernières décennies et, dans des vestiges lithologiques et paléontologiques, des informations climatiques remontant à des milliers et même des millions d'années.

En matière de recherche sur le climat, le Centre géoscientifique de l'Atlantique (CGA) concentre son énergie sur l'interprétation des données climatiques contenues dans les indices géologiques. Ce n'est que depuis une centaine d'années que l'on enregistre, au Canada, les informations nécessaires à la prévision des incidences locales des variations climatiques touchant tout l'hémisphère. Ces données révèlent les liens entre les changements météorologiques annuels ou saisonniers et les variations de la circulation atmosphérique; cependant, elles couvrent une période trop courte pour permettre la prévision à long terme de changements plus subtils. Par exemple, pour réaliser une étude quantitative des variations climatiques se produisant à intervalles de 50 ans, il faut un registre couvrant une période dix fois plus longue (de 500 à 1 000 ans). Pour l'évaluation de phénomènes extrêmes, comme les tempêtes, il faut des registres couvrant des périodes encore plus longues, afin de pouvoir évaluer avec une précision relative les probabilités d'occurrence. Les signaux indirects inscrits dans le registre géologique constituent l'une des rares sources d'informations climatiques couvrant de longues périodes. Ces indices

se traduisent par la quantité de pollen dans les microfossiles et fossiles marins ainsi que par les propriétés granulométriques de minces couches de sédiments présents dans les échantillons (voir la première figure). En utilisant des indices en provenance de diverses régions du pays, on peut constater l'effet des variations climatiques récentes, à l'échelle planétaire, sur la masse terrestre, la flore et le milieu marin; de plus, nous pouvons évaluer les répercussions à long terme des changements climatiques sur les conditions locales.

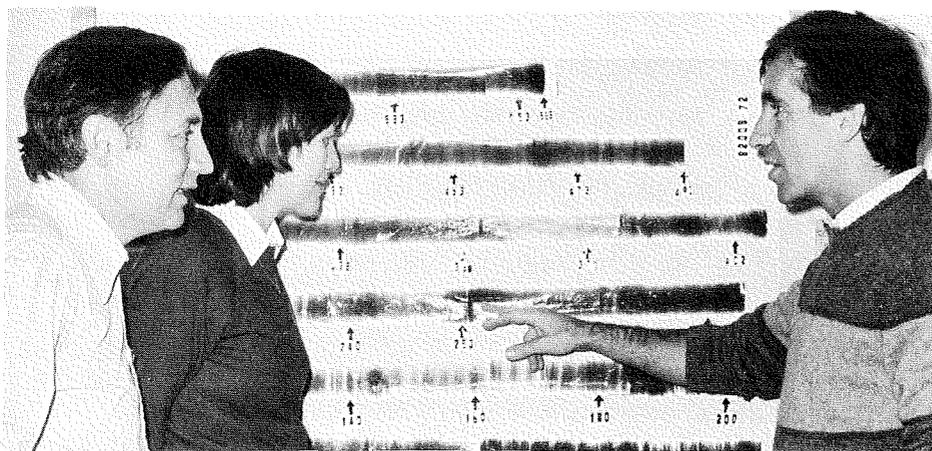
Dans le cadre d'une étude paléohydrologique en cours dans le fjord du Saguenay, au Québec, on cherche surtout à déterminer les variations climatiques qui ont régi le débit printanier de la rivière avant le XX^e siècle. L'étude de sédiments déposés au XX^e siècle dans un bassin situé près de la tête du fjord a montré un lien direct entre la proportion de particules sédimentaires grossières, déposées chaque année au XX^e siècle et l'ampleur de la crue printanière des eaux de la rivière. L'un des principaux facteurs déterminant l'ampleur de la crue nous est donné par les précipitations de l'hiver précédent, accumulées sous forme de neige. Des études portant sur le rapport

entre la couverture de neige, facteur important au Canada, et la température de l'air, laissent croire que de l'air relativement humide et chaud, propulsé en direction nord par-dessus une couche de neige d'une quinzaine de centimètres d'épaisseur, perd sa chaleur par conduction, à raison de 4 à 5 °C par jour. De même, le réchauffement printanier se fait normalement plus rapidement lorsque la couverture nivale est mince ou inexistante.

L'interprétation des indices climatiques de la région du Saguenay repose sur une datation exacte de sous-échantillons provenant de carottes contenant des dépôts sédimentaires de 400 ans. Pour les recherches géochronologiques, on s'est servi de l'isotope naturel ²¹⁰Pb, dont la période de 22 ans en fait un traceur radioactif approprié pour la datation de sédiments ayant entre 100 et 150 ans (voir la deuxième figure). Des radionucléides comme le ¹³⁷Cs et les ²³⁹Pu et ²⁴⁰Pu, introduits dans l'environnement par suite d'essais d'armes atomiques, à la fin des années 40, peuvent aussi servir de traceurs chronologiques et stratigraphiques, pour dater des couches de sédiments récents. Lorsque l'on a réussi à dater avec précision la carotte à l'aide d'isotopes, on se base sur d'autres phénomènes connus, artificiels ou naturels, pour pousser plus loin la méthode de datation.

La datation précise de changements marqués de texture dans de vieux sédiments et la connaissance des débits requis pour produire ces changements représentent un moyen de reconstituer l'histoire des précipitations hivernales et de la température, dans la région du Saguenay, au cours des derniers siècles.

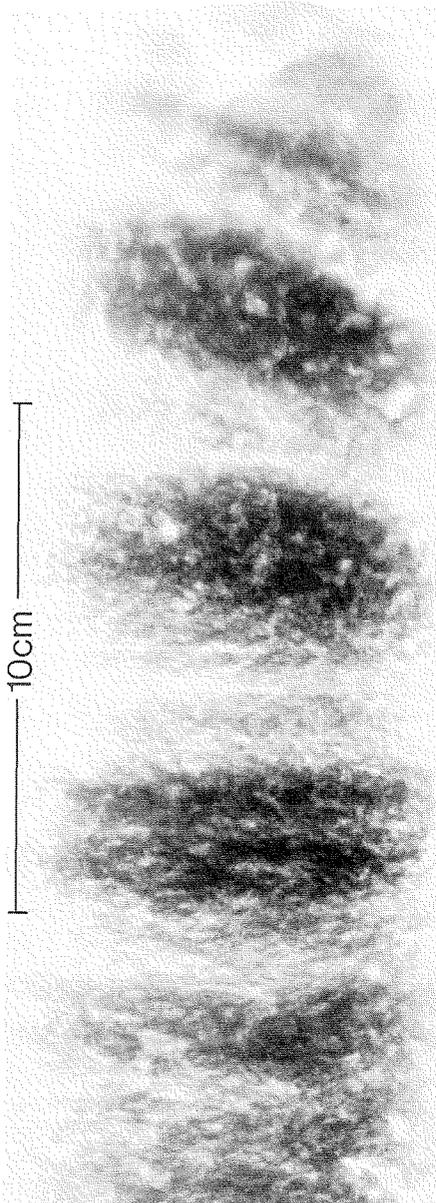
L'analyse de nombreux échantillons du fjord du Saguenay montre un rapport généralisé entre la taille des grains des couches sédimentaires et le débit mensuel moyen le plus élevé de la rivière, pour l'année. Voici comment on est parvenu à établir cette relation. La répartition granulométrique de la fraction sable a été mesurée à intervalles de 2 cm, lesquels ont été datés à l'année près au moyen de la méthode du ²¹⁰Pb. Ensuite, on a examiné le registre historique du débit de la rivière afin de déterminer le débit mensuel moyen le plus élevé, pendant l'année de déposition de chaque couche. On a tracé ces débits en regard du diamètre des grains de sable, pour chaque couche (voir la troisième figure). On constate sur le tracé



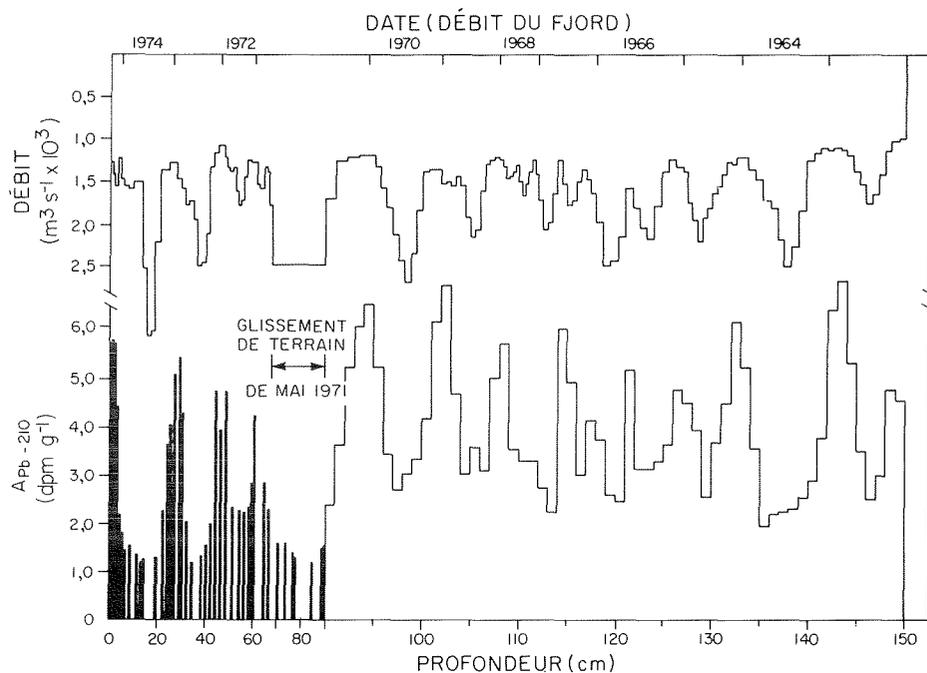
KELLY BENTHAM

Charles Schafer, Peta Mudie et John Smith examinent des radiographies de carottes de sédiments.

un rapport direct entre la taille des sédiments et le débit de la rivière; ainsi, plus augmente le débit mensuel moyen le plus élevé de la rivière, plus on trouve de particules grossières de sable près de la bouche du fjord. Des échantillons contenant des boulettes d'argile révèlent des apports sédimentaires liés à des glissements de terrain et(ou) à des activités anthropiques, comme l'excavation pour la construction de barrages sur le chenal du fjord, pendant la première moitié du siècle.



Radiographie d'une carotte de sédiments montrant les dépôts annuels de matières relativement grossières (couches sombres) transportées dans un bassin près de l'embouchure du fjord du Saguenay, pendant la crue printanière.



Activité du ^{210}Pb et débit du cours d'eau, en fonction de la profondeur de la carotte et de l'année de déposition (carotte 3111) recueillie près de l'embouchure du Saguenay. Le ^{210}Pb est lié aux sédiments fins; son activité à une hauteur donnée sur la carotte est proportionnelle au temps de déposition de la couche de sédiments visée.

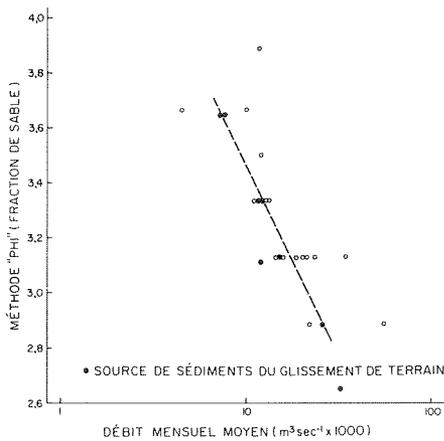
Les variations climatiques à plus long terme, indiquées par les grands intervalles glaciaires et interglaciaires observables dans le registre géologique nord-américain, soulèvent plusieurs questions importantes dans l'esprit des paléoclimatologues. Actuellement, on s'intéresse beaucoup au déroulement des changements qui ont touché les océans, les couches de glace et l'atmosphère, à l'approche d'une période glaciaire. Les scientifiques s'entendent sur la nécessité de constituer une base de données mondiales qui leur permettront de déterminer le rythme de ces changements et de comprendre les variations de la circulation atmosphérique à grande échelle, lesquelles sont révélées dans les sédiments marins.

Les sédiments provenant des profondeurs des mers fournissent des registres continus des réactions des océans aux changements climatiques à long terme (de 100 000 à 750 000 années). Les indices climatiques proviennent du plancton fossile, comme les foraminifères, les coccolithes et les diatomées, qui constituent la majeure partie des sédiments. L'analyse statistique du plancton déposé sur le fond marin, selon un grillage d'échantillonnage s'étendant des tropiques aux régions polaires, montre que les fossiles enregistrent la température actuelle de surface et de fond au degré près.

En supposant que la réaction du plancton fossile aux différentes températures n'a pas beaucoup changé en un million d'années, on peut utiliser des données calibrées sur les fossiles modernes pour l'étude des sédiments anciens et obtenir des graphiques des variations des températures océaniques à l'époque préhistorique, y compris la dernière ère glaciaire, lorsque la majeure partie du Canada était recouverte d'une couche de glace de 1 à 3 mètres d'épaisseur.

Cette méthode, appelée analyse de la fonction de transfert paléo-écologique, a été utilisée avec succès dans le cadre du Projet international de prévision, de cartographie et d'étude à long terme du climat; on s'en est servi pour élaborer des cartes synoptiques de la circulation dans l'Atlantique nord, pendant la dernière période glaciaire (il y a 18 000 ans) et pendant le passage aux conditions interglaciaires, qui existent depuis environ 10 000 ans. Les données recueillies montrent que le Gulf Stream, au large des côtes du Groenland, passait à quelque 1 600 km plus au sud, à l'apogée de l'ère glaciaire; à cette époque, l'eau de surface était moins chaude de 7°C , en été, autour de l'Islande.

De tels changements pourraient avoir un effet important sur la productivité de l'océan et le climat de l'est du Canada.



Le diamètre modal des particules en suspension augmente proportionnellement au débit du fjord; en effet, les matières relativement grossières sont emportées en suspension plus loin au large pendant la crue printanière, avant de se déposer sur le fond du fjord.

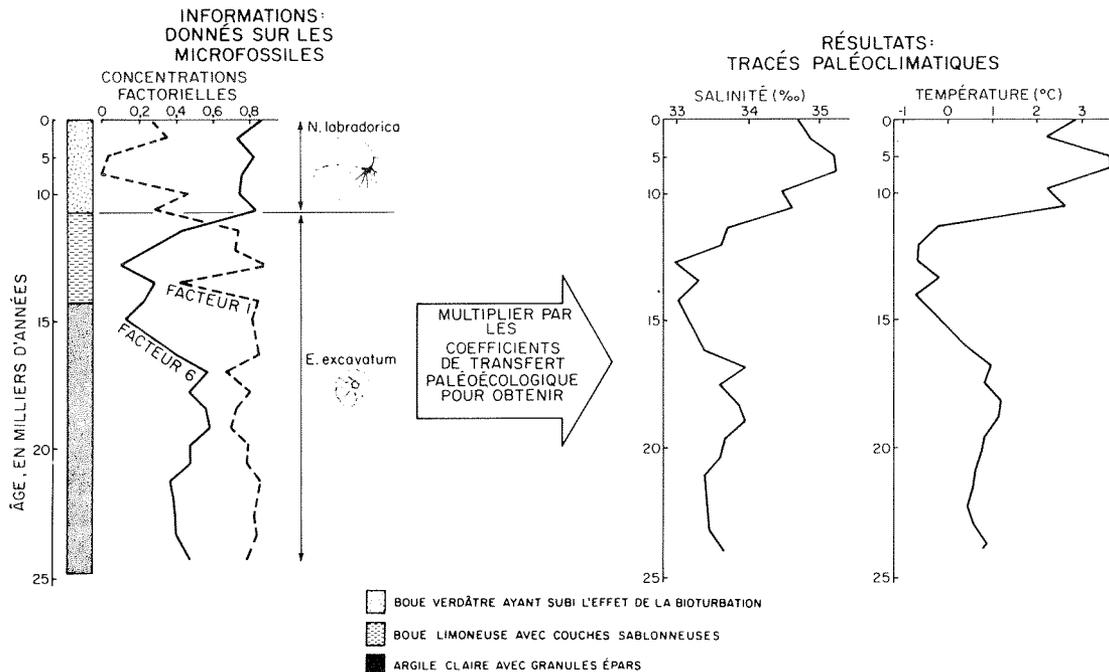
C'est pourquoi, en 1982, on a lancé au CGA et à l'Université Dalhousie une étude visant à analyser les indices climatiques présents dans les sédiments extraits de bassins profonds des plateaux continentaux, au large du Labrador, de Terre-Neuve et de la Nouvelle-Écosse. On a obtenu des fonctions de transfert palé-écologique pour un registre de 20 000 ans, au large de l'inlet Hamilton, au centre du

Labrador (voir quatrième figure). Ces données montrent que : (1) la température estivale du courant du Labrador, à l'apogée de l'ère glaciaire, n'était que de 2 à 4 °C inférieure à la température actuelle; (2) l'eau de fond était plus chaude que celle d'aujourd'hui de 1 °C, pendant la période la plus chaude de l'ère interglaciaire (il y a de 3 000 à 7 000 ans); et (3) au cours des 3 000 dernières années, il y a eu une diminution moyenne de 1 à 2 °C.

Cependant, pour préciser les rapports océan-atmosphère qui caractérisent le début d'une ère glaciaire, il faut examiner les indices climatiques couvrant plusieurs époques glaciaires et intermédiaires (c.-à-d. qui couvrent de façon ininterrompue les 350 000 dernières années). C'est pourquoi nous étudions des carottes tirées du détroit de Davis et qui contiennent des indices de 300 000 ans. On se fonde sur les grandes quantités de foraminifères et de dinoflagellés fossilisés pour étudier l'histoire de la température et de la productivité de l'océan; de plus, on analyse les associations polliniques présentes dans ces échantillons pour en tirer des données qui nous éclaireront sur les changements climatiques et la direction des vents de l'Amérique du nord. Les résultats initiaux indiquent que la partie nord de la mer du Labrador était plus chaude qu'aujourd'hui, aux premières ères glaciaires; cela s'explique par un déplacement plus

marqué, vers le nord, des masses d'air cycloniques du sud, le long des couvertures de glace, alors en expansion, du Groenland et du Canada. Cette circulation explique aussi l'humidité accrue requise pour maintenir la croissance rapide de la couche de glace.

Les faibles rythmes de sédimentation (2,5 cm/1 000 ans) constatés dans les carottes du détroit de Davis ne nous permettent pas de déterminer avec précision les conditions climatiques qui existaient au début de la glaciation; en effet, le mélange produit par les organismes à effet de bioturbation et par d'autres causes limite la résolution des indices à 2 000-5 000 ans. C'est pourquoi nous mettons à l'essai divers moyens de forage en profondeur pour obtenir des registres géologiques de longue période, dans des régions à sédimentation élevée; ainsi, on évitera en grande partie les effets indésirés de la bioturbation. Pendant le printemps et l'été 1985, dans le cadre du programme de forage océanique, on prévoit plusieurs forages longs (500 mètres) dans le bassin de la mer du Labrador. Les carottes ainsi extraites devraient fournir des échantillons géologiques qui enrichiront les registres d'indices climatiques pour l'est du Canada et, par le fait même, feront passer le registre paléoclimatique au moins à 3 millions d'années.



On a fait des estimations quantitatives des changements de salinité et de température du courant du Labrador, pour les 25 000 dernières années (à droite), à partir de l'analyse factorielle des foraminifères benthiques trouvés dans une

carotte de sédiments (à gauche); les fonctions de transfert palé-écologique montrent le lien entre les foraminifères modernes (*Nonion labradorica*, *E. excavatum*) et la température et la salinité actuelles.

Modèles paléoclimatiques fondés sur l'observation des fossiles: étude portant sur le lac Melville, au sud-est du Labrador

G. Vilks

On peut constater, dans les sédiments recueillis dans les environs du lac Melville, des preuves de fluctuations des conditions glaciaires et postglaciaires. Au début, les variations ont été causées par l'apport d'eau de fonte; plus tard, c'est le «haussement» du seuil de l'entrée du lac qui a engendré des changements de conditions.

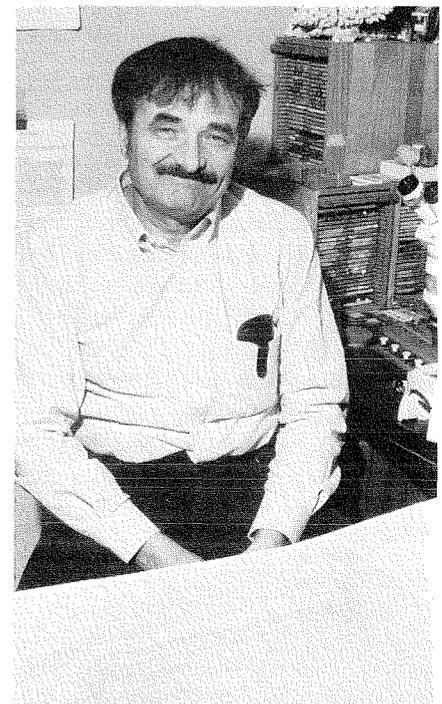
L'élaboration de modèles paléoclimatiques fondés sur l'observation des animaux fossiles est une pratique en voie de développement et dont le but est d'augmenter les connaissances relatives aux climats passés, à la datation et à la prévision des changements climatiques. On a utilisé avec succès des rapports d'isotopes stables, comme $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ et $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, dans les carbonates des foraminifères, pour l'étude des sédiments hauturiers; de plus, on a calculé les fonctions de transfert afin d'évaluer statistiquement les paléotempératures et les paléosalinités, à partir des assemblages de microfossiles tirés des carottes de sédiments. Dans les milieux marins particuliers comme le lac Melville, qui n'est pas vraiment un lac, on ne peut pas toujours employer les méthodes applicables à la haute mer; nous tentons encore d'en déterminer l'utilité dans ce cas. Le long de la zone des interactions terre-mer, les grands changements environnementaux ont tendance à atteindre des extrêmes plus grands que les variations planétaires ou régionales. C'est pourquoi il arrive souvent que le seul moyen relativement sûr de tracer des liens entre les phénomènes paléoclimatiques côtiers, hauturiers et planétaires consiste à tracer un profil des âges, par la méthode du ^{14}C . Or, comme cette région manque de carbone pouvant servir à la datation «traditionnelle», les âges fournis par ^{14}C sont trop peu nombreux pour permettre d'établir des liens précis. Cependant, grâce à la nouvelle méthode de spectroscopie de masse, pour la datation valable au ^{14}C , on pourra bientôt traiter des échantillons 100 fois moindres et contourner cette difficulté.

Dans le lac Melville, les foraminifères sont utiles pour les études paléo-océanographiques et paléoclimatiques, à partir du moment où l'on connaît

suffisamment leur écologie. En effet, lorsque l'on possède ces informations, il est possible de déterminer la fourchette probable de salinité d'un assemblage d'espèces trouvées dans des sédiments sous-marins; ensuite, on peut faire le lien avec le courant du Labrador et avec un théâtre paléo-océanographique/paléoclimatique existant pendant la vie de ces foraminifères.

Nous étudions les foraminifères dans les sédiments du lac Melville afin de déduire des changements qui se seraient produits dans l'environnement des 10 000 dernières années, au cours desquelles les glaciers continentaux se sont retirés du sud-est du Labrador, par suite de changements importants du climat et des conditions océanographiques.

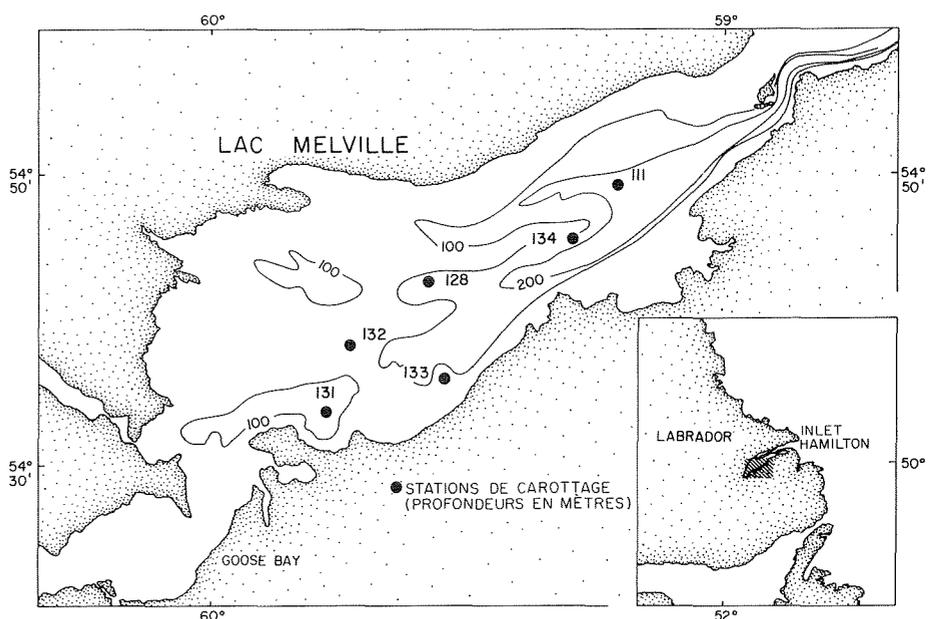
Le lac Melville, fjord du sud-est du Labrador, contient à certains endroits 300 m de dépôts dissociés (Grant, 1975). Les sédiments, obtenus par carottiers à piston, laissent voir une série de limites



KELLY BENTHAM

Gus Vilks

lithologiques et fauniques bien nettes, qui traduisent les changements marins et les processus sédimentaires de la fin de l'ère glaciaire à nos jours. Nous pouvons donc observer des structures sédimentaires, formées à la limite des surfaces glacées de la dernière époque glaciaire, et des organismes qui vivaient au début de l'apogée marine postglaciaire et pendant les changements holocènes qui ont touché le niveau de la mer. Les indices marins préservés dans ces carottes – fossiles et



Carte montrant le lac Melville : bathymétrie et stations de carottage.

données lithologiques des sédiments – peuvent nous éclairer sur les grands changements paléoclimatiques.

L'étude du terrain et des sols qui entourent le lac Melville laisse supposer une succession complexe de phénomènes de glaciation-déglaciation (Fulton et Hodgson, 1979). Au nord du lac Melville, la glace de la fin du Wisconsin s'étendait jusqu'à la mer; au sud, il se peut que les monts Mealy aient bloqué le flot en direction de la mer et que la glace se soit arrêtée juste à l'emplacement de la côte actuelle (Rogerson, 1977). Il peut s'être produit une dépression dans le bassin du lac Melville, laquelle a fort probablement servi de baie de vèlage pour les glaciers.

Depuis le retrait des glaces, le niveau de la mer a changé, par suite de la détente isostatique du terrain. L'inondation initiale, par l'eau de mer, a été suivie par une baisse du niveau de l'océan, plus marquée dans les terres que sur la côte. Ainsi, les dépôts du maximum marin se trouvent à 150 m au-dessus du zéro actuel des cartes, à Goose Bay, et à 120 m au-dessus de celui de The Narrows (Andrews, 1973).

La salinité et la température de l'eau du lac Melville sont fonction du ruissellement

des cours d'eau et de l'apport de la mer du Labrador. En août, l'eau douce et chaude des rivières forme une couche mince sur presque toute la surface du lac; en octobre, le refroidissement de surface favorise le mélange avec les couches inférieures. Le canal peu profond qui mène au lac empêche l'entrée de l'eau relativement froide et salée des couches inférieures; cela explique pourquoi les eaux des profondeurs du lac sont moins salées qu'à des profondeurs comparables, à l'extérieur du fjord. Or, à cause des faibles salinités des profondeurs du lac, l'échange d'eau se fait au moins à l'échelle annuelle. Par conséquent, l'eau de fond est saturée d'oxygène dissous.

Les sédiments recueillis avec des carottiers à piston sont principalement constitués de boues verdâtres limoneuses qui deviennent sableuses vers le bas. On peut plus facilement observer les sédiments fins par radiographie des carottes coupées longitudinalement. La caractéristique la plus importante, et aussi la plus révélatrice, est la présence de couches de surface, qui ont subi l'effet de la bioturbation et qui sont assises sur des sédiments laminés, vers le fond. Ces lamelles ont été produites par de fines

couches de sédiments légèrement plus grossiers. Dans la zone qui a subi l'effet de la bioturbation, les radiographies montrent des structures pyritisées, d'origine biogénique et des traces de vers. On a aussi trouvé de petits cailloux qui ont été libérés par la glace de mer en fusion et qui, parfois, laissent supposer qu'ils ont pénétré dans des couches de boue. Les fissures d'origine gazeuse de la carotte 111 se sont produites après le carottage; elles ont probablement été causées par le dégagement de méthane.

On a pu déceler la présence de foraminifères dans les carottes grâce à la stratigraphie aux rayons X. Les foraminifères ne se retrouvent communément que dans la zone qui a subi l'effet de la bioturbation et sont peu nombreux ou totalement absents des sédiments nettement laminés (voir la troisième figure). Dans la zone fossilifère, on trouve deux types de foraminifères; les couches supérieures abritent surtout des espèces agglutinées et sont assises sur une zone dominée par des espèces calcaires. Dans la zone touchée par la bioturbation, on trouve également quelques coquilles de mollusques, en plus d'indices de la présence d'autres macro-organismes



The Narrows mènent au lac Melville, dans le sud-est du Labrador; ce bassin a une largeur maximale de 32 km et est

généralement profond et exempt de hauts-fonds, sauf dans la partie occidentale de son bras principal.

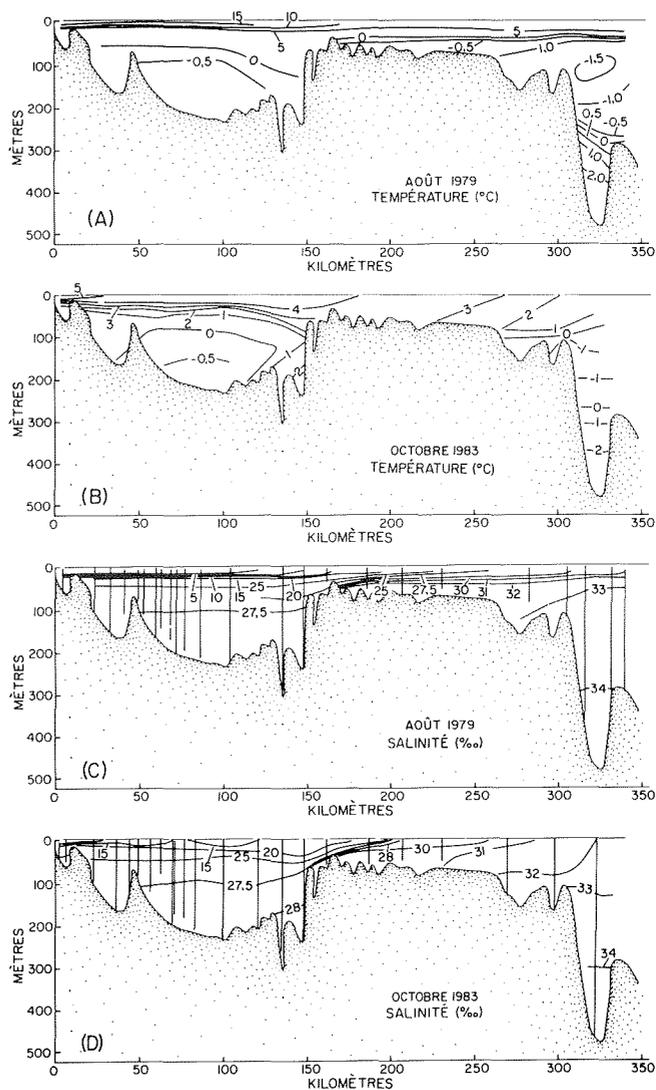
benthiques, comme des traces de vers.

Les variations fauniques constatées dans les carottes laissent supposer que des changements importants ont touché le milieu marin au cours des siècles. Les profils polliniques de la carotte 111 et la datation au ^{14}C des matières organiques donnent des taux moyens de sédimentation de l'ordre de 2 m par 1000 ans, dans les bassins profonds (Vilks et Mudie, 1983) et de moins de 1 m par 1000 ans, sur les arêtes. Comme les intervalles d'échantillonnage étaient de 5 cm, la période visée par chaque échantillon ne dépasse guère 25 ans dans les bassins, et se situe entre 50 et 100 ans pour les arêtes.

Les foraminifères dépendent directement de l'eau, de la salinité, de la température, de la disponibilité de nourriture, laquelle repose sur les rythmes primaire et secondaire de production, et de l'oxygène dissous. Les sources de sédiments, de concert avec le milieu sédimentaire, déterminent le type de sédiments disponibles comme substrat (p. ex. certaines espèces préfèrent les sédiments vaseux alors que d'autres prospèrent en milieu sableux). Ces facteurs primaires sont tous liés à une série d'agents secondaires qui, en fin de compte, mènent aux conditions climatiques.

Les foraminifères qui vivent actuellement sur le fond sont adaptés à la salinité de 28 parties par mille, à la température de 0,5°C et aux sédiments surtout vaseux. L'apport moyen d'eau douce par le ruissellement des cours d'eau est de 58 km³ par année; on a mesuré entre 7 et 8 ml d'oxygène dissous par litre d'eau de fond; la glace de mer est présente de novembre à mai. Le canal, d'une longueur de 22 km et d'une largeur de 2,8 km, a une profondeur minimale de 30 m. Tout changement important de ces paramètres entraînerait des changements dans les assemblages de foraminifères du fond du lac.

Les études de l'écologie des foraminifères en milieu estuarien laissent croire que la salinité est l'un des éléments déterminant la répartition de l'espèce. Dans la carotte la plus étudiée (carotte 111), les espèces euryhalines, agglutinées en eau froide de surface, sont remplacées par une espèce calcaire, quelque 400 cm plus bas dans la carotte. Cette période calcaire comporte une zone faunique supérieure dominée par *Islandiella helenae* et une zone inférieure dominée par *Elphidium excavatum f. clavata*. En se fondant sur les



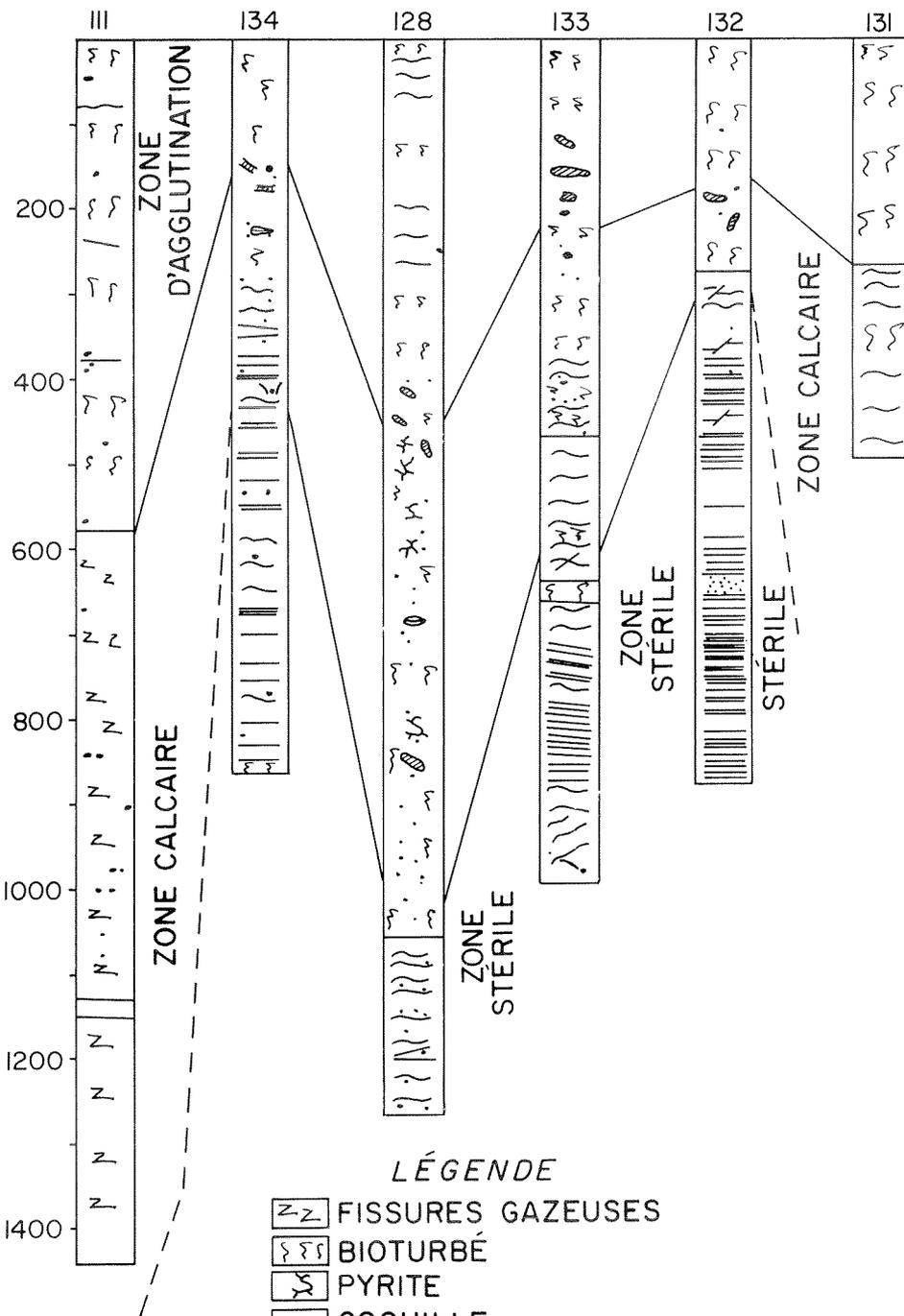
Profils de température et de salinité de l'inlet Hamilton (Labrador).

tolérances connues des espèces de la zone, on a déterminé que la salinité de l'époque étudiée devait se situer entre 32 et 34 parties par mille, pour la zone d'*Islandiella helenae* (Vilks et Mudie, 1983; Mudie *et al.*, 1984). Ces mêmes études laissent supposer des températures oscillant entre 0°C et 2°C. La zone d'*Islandiella helenae* a entre 5 000 et 8 000 ans.

Les salinités plus élevées du fond pourraient s'expliquer par : (1) un seuil moins profond à l'entrée du lac à l'époque visée; (2) une quantité moindre d'eau douce amenée dans le lac; (3) de l'eau douce plus salée amenée dans le lac, ou encore une combinaison des trois possibilités. L'examen des profils polliniques de la carotte 111 ne laisse pas supposer l'existence d'une longue période sèche depuis la dernière glaciation; c'est pourquoi on considère comme peu probable l'hypothèse du ruissellement réduit. Des dépôts marins tirés de certains

endroits du lac et de la formation de The Narrows, indiquent des profondeurs plus grandes à l'époque visée. Comme la surface du seuil se trouve au niveau de la couche pycnocline, de légères variations influenceront sur le type d'eau qui pénétrera dans le lac depuis la mer. L'approfondissement du seuil, donc l'élargissement du canal, permettra à une plus grande quantité d'eau salée d'entrer et diminuera l'effet de mélange de la marée. Par conséquent, on pourrait facilement expliquer les salinités plus élevées, à l'époque visée, par l'existence d'un canal plus large, sans que les propriétés du courant du Labrador soient changées sur le plateau intérieur.

Les paléosalinités de la zone où ont été recueillies les *E. excavatum f. clavata*, vers le bas de la carotte, varient entre 31 et 33 parties par mille, valeurs inférieures à celles de la zone des *I. helenae*, qui comporte des sédiments plus jeunes. L'âge



Stratigraphie des carottes de sédiments du lac Melville, déterminée par examen de radiographies.

la pente continentale. Dans des sédiments plus anciens de la côte est canadienne et de Scandinavie, l'espèce domine dans les dépôts de la fin de l'époque glaciaire et occupe l'une des places principales dans les sédiments recueillis au pied d'un glacier débouchant dans la mer, au Spitzberg. Aussi est-il fort possible que la zone d'*E. excavatum* trouvée dans toutes les carottes du lac Melville ait constitué un milieu exceptionnel de marge glaciaire, lorsque les glaciers fondaient dans les hautes terres situées à l'ouest du lac Melville.

Au-dessous de la zone des sédiments glaciaires distaux se trouvent des sédiments laminés complètement dépourvus de restes fauniques. Ceux-ci se sont peut-être déposés en milieu glaciaire proximal dominé par la présence de glace et d'une grande quantité d'eau provenant de la fonte de glace. En dessous de la profondeur d'échantillonnage par carottiers à piston, les profils sismiques obtenus avec l'appareillage à haute résolution de Huntex, remorqué en profondeur, révèlent aussi des sédiments stratifiés qui reposent sur des structures acoustiques interprétées comme étant des moraines de fond.

Ouvrages de référence

ANDRES, J.T. 1973. Maps of the maximum postglacial marine limit and rebound for the former Laurentide Ice Sheet (the National Atlas of Canada). *Arctic and Alpine Research* 5: 41-48.

FULTON, R.J. and HODGSON, D.A. 1979. Wisconsin glacial retreat, southern Labrador. *In* Current Research, Part C. Geological Survey of Canada, Paper 79-1C: 17-21.

GRANT, A.C. 1975. Seismic reconnaissance of Lake Melville, Labrador. *Can. J. Earth Sci* 12: 2103-2110.

MUDIE, P.J., KEEN, C.E., HARDY, I.A., and VILKS, G. 1984. Multivariate analysis and quantitative paleocology of benthic foraminifera in surface and Later Quaternary shelf sediments, northern Canada. *Marine Micropaleontology* 8: 283-313.

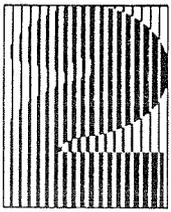
ROGERSON, R.J. 1977. Glacial geomorphology and sediments of the Porcupine Strand area, Labrador, Canada. Unpubl. PhD. thesis, MacQuarie University, Eastwood, Sydney, Australia: 277 p.

VILKS, G. and MUDIE, P. 1983. Evidence for postglacial paleoceanographic and paleoclimatic changes in Lake Melville, Labrador. *Arctic and Alpine Research* 15: 307-320.

calculé d'après le test au ^{14}C de la partie supérieure de la zone d'*E. excavatum* est d'environ 8 000 ans, c'est-à-dire pendant le début du maximum postglaciaire marin, dans l'inlet Hamilton. Il est probable que le seuil approchait les 130 mètres de profondeur et, en supposant que la circulation estuarienne était semblable à celle d'aujourd'hui, on peut croire que les

salinités variaient entre 33 et 34 parties par mille. Les paléosalinités prévues indiquent que de l'eau douce provenant de la fonte de glace peut s'être trouvée à des profondeurs inférieures dans la région de l'inlet Hamilton.

On trouve *Elphidium excavatum f. clavata* dans des sédiments récents provenant de divers milieux, de l'estuaire à



Circulation océanique et changements climatiques – Atlantique nord

À mesure que le climat terrestre changera, par suite de phénomènes naturels, à des rythmes divers, ou comme conséquence de l'«effet de serre», il ne s'ensuivra pas simplement un réchauffement uniforme, sans répercussions sur les autres conditions actuelles. Le tableau des vents changera; les zones climatiques, déterminées par des précipitations données, se déplaceront non seulement en latitude mais aussi en longitude.

Déjà, nous pouvons prévoir ces changements avec une certitude relative; cependant, nous sommes loin de pouvoir prévoir les changements qui ne manqueront pas de se produire dans les courants océaniques. Et pourtant, ce seront peut-être les effets les plus importants; ainsi, qu'arriverait-il si le Gulf Stream se détachait de la côte américaine, non pas au cap Hatteras mais plutôt au cap Cod ou aux hauts-fonds Nantucket, ce qui est loin d'être une impossibilité? Quels seront les effets sur la côte et le plateau continental de l'est du Canada? Verra-t-on une augmentation ou une diminution du transport des eaux arctiques, le long des côtes, par le courant du Labrador?

C'est à ce genre de questions que tentent de répondre les trois études présentées dans ce chapitre.

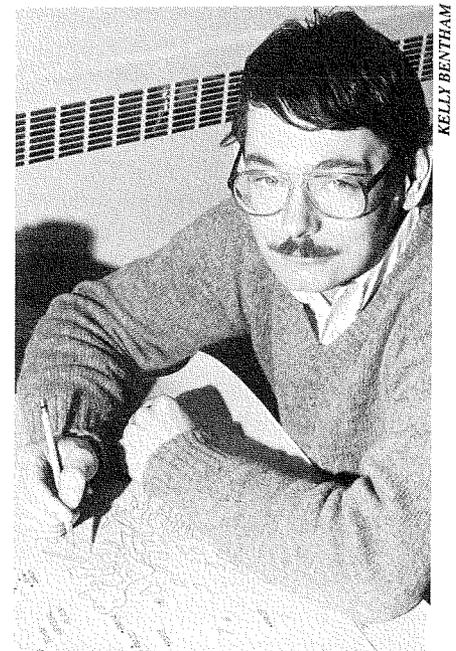
Études du Gulf Stream

R.M. Hendry

Le Gulf Stream exerce un effet considérable sur le climat qui règne sur l'Atlantique nord et les terres adjacentes; en effet, il transporte d'énormes quantités de chaleur en direction du pôle. Les chercheurs en océanographie physique consacrent une bonne part de leurs efforts à percer le secret de la dynamique qui régit ce système.

Le Gulf Stream est l'un des grands éléments de la circulation océanique terrestre. Depuis le courant de la Floride, au large de la côte sud-est des États-Unis, il devient le Gulf Stream, se dirigeant vers l'est, en plein au sud de la Nouvelle-Écosse, contourne les Grands bancs et devient le courant qui traverse la partie nord de l'Atlantique nord, en direction de l'Europe. Pour l'océanographe physicien, le Gulf Stream est une merveille de dynamique. Il s'agit d'un courant, en plein

milieu de l'océan, qui transport 10 000 fois plus d'eau que le fleuve Saint-Laurent; décrivant constamment des méandres et des courbes, il provoque des tourbillons qui entraînent quelque 15 000 km³ d'eau et qui persistent pendant des mois et parfois des années. Pour le climatologue, le Gulf Stream constitue la limite nord et ouest d'un immense réservoir d'eau chaude qui est source de chaleur et d'humidité pour l'atmosphère environnant et qui est un facteur déterminant du climat régional. Il



Ross Hendry

ne fait aucun doute que le déplacement de cette limite et que des variations de la température de ce réservoir d'eau chaude provoqueront des changements dans le climat régional. L'un des buts à longue échéance de l'océanographe qui étudie le Gulf Stream est de bien saisir la dynamique de ce système, afin de pouvoir prévoir les changements éventuels.

Selon le professeur Henry Stommel, dans son ouvrage bien connu *The Gulf Stream*, la première mention de cet important courant a été faite par Ponce de

prouvé que la circulation océanique est un élément primordial du système climatique mondial; elle transporte en réalité plus de chaleur vers le pôle, sous des latitudes tropicales, que la circulation atmosphérique.

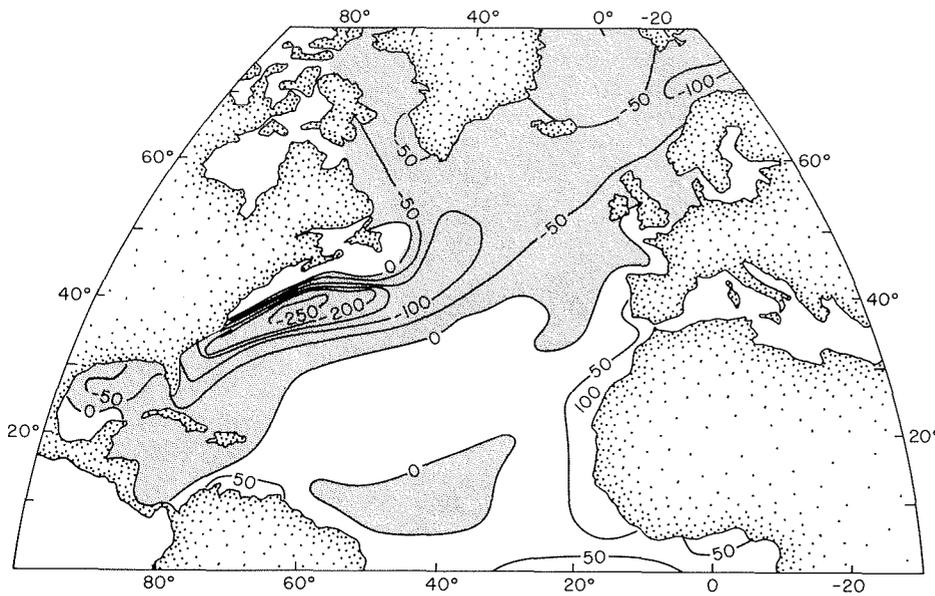
Nous pouvons examiner la première figure pour entamer l'étude sur l'influence du Gulf Stream et de la circulation océanique en général sur le climat de l'Atlantique nord et des terres environnantes. On peut voir dans cette figure le transfert net de chaleur entre

et entrent en contact avec l'air chaud et humide de l'océan. Le rythme maximal de transfert de chaleur est d'environ 250 Wm^{-2} de la surface de l'océan. Par comparaison, le surplus annuel moyen du rayonnement solaire à la surface du globe, près de l'équateur, en tenant compte de l'émission d'ondes courtes et du rayonnement d'ondes longues produit par réflexion, n'est que de l'ordre de 150 Wm^{-2} .

L'énergie absorbée par l'atmosphère, au-dessus de l'Atlantique nord, à des latitudes moyennes, est transportée vers l'est par les vents d'ouest dominants et aide à façonner le climat tempéré du nord-ouest de l'Europe. La majeure partie de cette chaleur doit être libérée sous forme de condensation et de précipitation de la vapeur d'eau charriée par les vents; cela explique le climat relativement humide que connaissent ces pays européens, prix qu'ils doivent payer pour les températures douces dont ils jouissent.

En consultant la première figure, on constate que les eaux océaniques qui baignent le nord-ouest de l'Europe libèrent relativement peu de chaleur dans l'atmosphère, comparativement aux eaux de la côte de l'Amérique du Nord; on comprend que la circulation atmosphérique sur toutes ces eaux est un élément clé du système climatique de cette région. Contrairement à ce que certains veulent naïvement laisser croire, le Gulf Stream ne baigne pas vraiment les côtes d'Europe. Certains lecteurs se demandent peut-être en quoi le climat de l'Europe intéresse tant les océanographes canadiens; il ne faut pas oublier que l'étude de la circulation océanique et atmosphérique à grande échelle est une tâche qui engage de nombreux pays. Des océanographes japonais qui étudient un système semblable mettant en jeu d'importants échanges de chaleur air-mer, liés au courant de Kuroshio, dans l'ouest de l'océan Pacifique, aident à comprendre les facteurs qui façonnent le climat maritime de la zone côtière de Colombie-Britannique! Pour revenir à nos moutons, quel est le rôle exact du Gulf Stream dans ce vaste processus et comment les variations des courants océaniques peuvent-elles influencer sur notre climat?

En y pensant quelques instants, si certains secteurs de l'Atlantique nord libèrent de grandes quantités de chaleur dans l'atmosphère sans se refroidir sensiblement, il faut absolument que ces



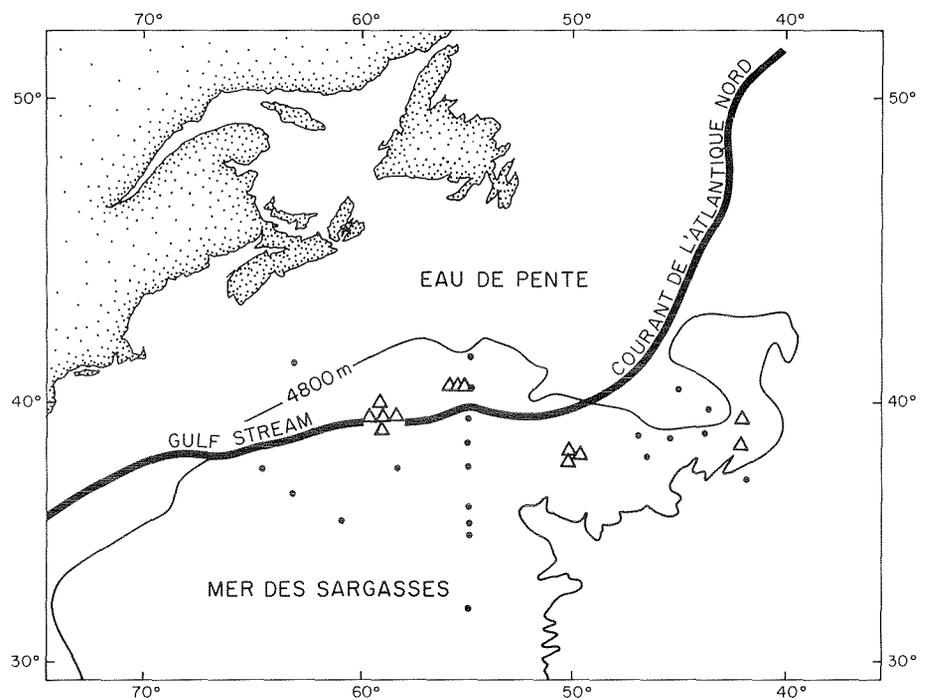
Transfert thermique net annuel de l'atmosphère à la partie nord de l'océan Atlantique. Les courbes de niveau sont exprimées en watts par mètre carré.

Léon, qui a rencontré le courant de Floride en 1513, au cours de son exploration du Nouveau-Monde. Le Gulf Stream était relativement bien connu des navigateurs américains en 1770; en effet, cette année-là, Benjamin Franklin, alors sous-receveur général des postes des Colonies américaines, a fait préparer une carte marine montrant le trajet du Gulf Stream, afin d'encourager les navires en partance d'Angleterre, en direction de la Nouvelle-Angleterre, à éviter les forts courants d'est du Stream et ainsi accélérer leur traversée. En 1942, Sverdrup écrit encore, dans son ouvrage classique sur l'océanographie, que la majorité des météorologues contemporains négligent l'effet des courants océaniques, comme le Gulf Stream, sur le transport de la chaleur du sud au nord. Sverdrup a démontré que le transport océanique de la chaleur peut être important dans certaines régions; cependant, il considérait que l'atmosphère jouait le rôle principal dans le processus global. En fait, des études modernes ont

l'atmosphère et l'océan Atlantique nord, exprimé comme moyenne annuelle. Au sud d'un point situé approximativement à 30° de latitude N., les eaux de surface relativement fraîches captent la chaleur de l'air ambiant, ainsi que du rayonnement solaire. Au nord de ce point, sur une large bande qui va du nord-est du golfe du Mexique jusqu'à la mer de Norvège, l'océan libère de la chaleur dans l'atmosphère (cycle annuel). Ce phénomène se traduit en partie par de la chaleur mesurable et par l'énergie reliée aux mouvements moléculaires; cependant, la majeure partie de cette énergie est la chaleur latente d'évaporation liée au changement d'état, de l'eau de mer liquide à la vapeur d'eau absorbée par l'air en mouvement. Les deux zones où l'on constate les plus grandes pertes de chaleur de l'océan se trouvent juste à l'est des États-Unis, près du 35° parallèle et juste à l'est de Terre-Neuve, près du 45° parallèle; dans ce secteur, des vents relativement secs et frais soufflent du continent nord-américain

régions acquièrent de la chaleur d'une autre source. C'est le fait des courants océaniques, qui transportent la chaleur depuis les régions tropicales, qui jouissent d'un surplus net d'énergie solaire, sur une base annuelle. Le transfert maximal de chaleur vers le pôle, par les courants océaniques dans l'Atlantique nord, a été évalué à quelque 3×10^{15} W, près des 20° de latitude N., soit juste à l'extrémité d'amont du Gulf Stream. Ce transport océanique d'énergie thermique diminue vers le nord, à mesure que le déperdition de la chaleur de l'eau s'accroît. Le Gulf Stream et son prolongement appelé courant nord-atlantique transportent de l'eau relativement chaude vers le nord. Normalement, il doit exister un flot égal d'eau en direction sud, pour assurer la continuité du système. On constate un gain de chaleur du nord, étant donné que les courants qui se dirigent vers le sud transportent normalement de l'eau plus froide que les courants contraires. L'un des éléments de ce mouvement de retour est le courant froid du Labrador, qui coule en direction sud, le long de la côte est du Canada. Il existe d'autres courants de retour qui se manifestent à des profondeurs abyssales. Les océanographes de nombreux pays s'intéressent particulièrement à la nature tridimensionnelle de la circulation dans l'Atlantique nord. On ne comprend qu'imparfaitement les équilibres dynamiques qui régissent la circulation et maintiennent les tourbillons d'eau chaude reliés au Gulf Stream et au courant nord-atlantique. On examine aussi de très près les mécanismes grâce auxquels le transport océanique de la chaleur se produit. Il reste encore à déterminer l'effet des tourbillons océaniques, lesquels varient avec le temps, sur le transport à grande échelle de la chaleur.

Les courants chauds du Gulf Stream sont importants, d'une part, parce qu'ils fixent les conditions océaniques sur la côte est du Canada et d'autre part, parce qu'ils façonnent les grandes formes de climat. Une région d'importance économique, appelée zone d'eau de pente, se trouve au nord du Gulf Stream, entre l'Amérique du nord continentale et les Grands bancs. Cette zone est constituée principalement d'eau chaude de la mer des Sargasses, située au sud du Gulf Stream, et d'eau froide du courant du Labrador. Elle est séparée des eaux plus chaudes du sud par le Gulf Stream, lequel agit en tant que



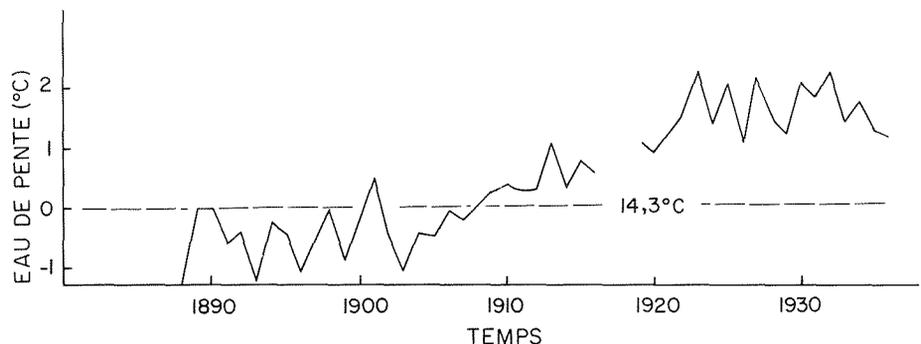
Amarrages pourvus d'instruments déployés par le laboratoire océanographique de l'Atlantique, pour l'étude du Gulf Stream. On aperçoit également des amarrages mis en place par la Woods Hole Oceanographic Institution, pour les mêmes raisons.

barrière dynamique mais partiellement perméable. Nous reviendrons à cette région dans la conclusion.

Le Laboratoire océanographique de l'Atlantique continue, comme il le fait depuis longtemps, de participer à l'effort international de recherche visant à comprendre les mécanismes physiques de la circulation océanique en profondeur; d'ailleurs, il a consacré des ressources considérables à l'étude du système du Gulf Stream. Dans la deuxième figure, on peut voir l'emplacement de quelques-uns des mouillages pourvus d'instruments de mesure du courant et de la température, installés au cours de la dernière décennie, dans le cadre des travaux de ce laboratoire. Plusieurs expériences ont été menées de

concert avec des scientifiques de la Woods Hole Oceanographic Institution; on voit d'ailleurs le site de quelques mouillages de cette organisation, ce qui donne une idée de l'ampleur de l'effort combiné. Bon nombre de ces études faisaient réellement office d'«exploration» et servaient à répondre à des questions très fondamentales.

Quelle énergie est déployée par les remous du Gulf Stream en divers endroits? Nous avons contribué à la réponse en montrant que les fluctuations de courant diminuent en importance mais durent plus longtemps, à mesure que l'on se dirige en aval du système. De quelle façon les courants changent-ils, en fonction de la profondeur, dans le Gulf Stream? On



Séries temporelles des anomalies annuelles touchant la température de l'eau de pente (en degrés Celsius), au sud de la Nouvelle-Écosse (40 à 45°N, 55 à 60°W). (D'après Bjerknes, J.B., 1964, Atlantic air-sea interaction. *Advances in Geophysics* 10; p. 36.)

cherche la réponse à cette question dans une étude commencée en 1983 et qui doit se terminer en 1985. Quel est le rôle des remous détachés du Gulf Stream dans le transfert de la chaleur de ce dernier entre la mer des Sargasses et l'eau de pente plus froide, laquelle subit l'influence du courant du Labrador? Certains indices laissent croire que ces phénomènes peuvent être une partie très importante du processus général; cependant, on ne connaît pas encore la réponse.

Dans l'introduction, nous avons évoqué la possibilité de changements climatiques. Dans la troisième figure, vous trouverez un exemple du type de variabilité à long terme

observée dans l'Atlantique nord. Elle donne la tendance de la température annuelle moyenne à la surface de la mer, pendant le première partie du siècle, sur un quadrillage divisé en carreaux de 5° de côté dont le centre se trouve dans l'eau de pente, au sud de la Nouvelle-Écosse et de Terre-Neuve. On constate un réchauffement indéniable d'au moins 2 °C, pour les 40 années visées. Les explications que l'on donne de ce phénomène sont hautement spéculatives; l'une d'elles suppose que ce réchauffement est le fruit du mélange accru des eaux froides avec l'eau chaude de la mer des Sargasses, lequel aurait été engendré par les méandres et les remous

plus fréquents et plus puissants du Gulf Stream. L'on sait que le Gulf Stream est lui-même régi par le système à grande échelle des vents de l'Atlantique nord. Les changements de température de surface de l'eau de mer et les variations consécutives de l'échange de chaleur air-mer influent sur la circulation atmosphérique à grande échelle. La boucle de rétroaction qui s'ensuit est caractéristique du système climatique planétaire. En cherchant à comprendre la dynamique fondamentale du Gulf Stream et de ses remous, nous espérons contribuer à percer le mystère de ce système complexe.

Pour un programme de recherche climatique mondiale

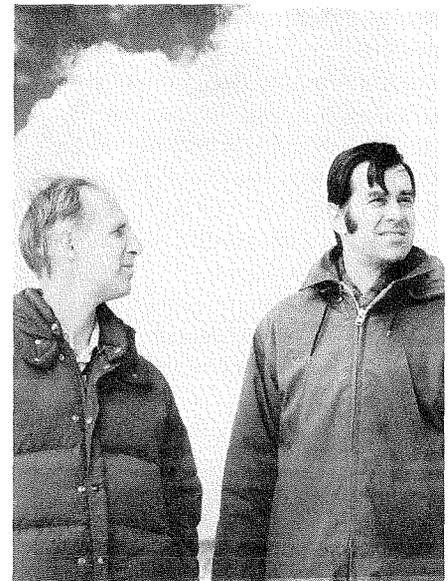
F. W. Dobson et S. D. Smith

Du fait que l'Institut participe à l'étude «CAGE» sur la possibilité de mesurer la quantité de chaleur transportée vers le pôle dans l'Atlantique nord, nous examinons l'exactitude des formules existantes utilisées pour évaluer les échanges de chaleur à la surface de l'océan. Nous avons constaté des différences considérables entre nos conclusions et les résultats généralement acceptés; l'avenir du Programme de recherche climatique mondial s'avère donc des plus intéressants.

Dans le cadre du Programme de recherche climatique mondiale, mis en oeuvre en 1980 par l'Organisation météorologique mondiale, on effectue des recherches sur la variabilité du climat terrestre; les travaux portent sur trois échelles temporelles soit, en gros, les mois, les années et les décennies. Le programme a pour but d'expliquer et, éventuellement, de prévoir les variations. Pour ce qui est des océans, les recherches touchent aux trois échelles temporelles: l'accumulation de chaleur s'effectue localement, à échelle mensuelle; les variations annuelles de la température de la surface de la mer et du taux d'accumulation de la chaleur dépendent directement de *el Niño*; finalement, les grands courants océaniques et les processus d'échanges globaux détermineront, à long terme, les réactions du climat face à la modification du niveau de bioxyde de carbone dans l'atmosphère résultant de changements apportés par l'homme («effet de serre»). Certains programmes de recherche de l'IOB sont associés à des travaux d'envergure internationale mis en branle actuellement.

Il faut absolument clarifier le rôle joué par l'atmosphère et les océans de même que les nombreuses interactions entre ces deux milieux afin d'en arriver à une meilleure modélisation du climat mondial et à des prévisions plus exactes. Tout d'abord, nous décrirons des recherches d'envergure internationale dont le but est de mesurer avec exactitude la chaleur transportée chaque année vers le pôle par l'Atlantique nord (étude CAGE). Ensuite, nous passerons brièvement en revue les travaux actuels, dont une bonne partie font suite à l'étude CAGE, pour finir par un examen des toutes dernières recherches sur les interactions atmosphère-océan, sur le plan du climat, ainsi que des ramifications du Programme de recherche climatique mondiale.

En juin 1980, le Comité des changements climatiques océaniques a formé un petit groupe, dont F. W. Dobson a fait partie, ayant pour mandat de déterminer s'il était possible de calculer, avec une précision de $\pm 20\%$, la quantité de chaleur transportée chaque année vers le pôle par l'Atlantique nord. En théorie, il s'agissait de «mettre en cage» l'océan et de



KELLY BENTHAM

Fred Dobson et Stuart Smith

mesurer la chaleur qui entrait et sortait de la «cage» par les côtés et le dessus et, ainsi, de déterminer la quantité de chaleur transportée par l'océan dans les limites de cette «cage».

Trois techniques avaient auparavant été utilisées pour faire une évaluation de la quantité de chaleur transportée. Premièrement, en 1974, Andrew Bunker a fait une estimation de la quantité de chaleur transportée chaque année à la surface de l'Atlantique nord au moyen de formules empiriques dans lesquelles les transferts de chaleur entre l'atmosphère et la mer sont associés à diverses données, par exemple la vitesse du vent, l'écart de température entre l'atmosphère et la mer, le

taux d'humidité et la couverture nuageuse. Bunker a tiré les données en question de millions de rapports d'observations faites sur des bateaux. La quantité de chaleur libérée chaque année par l'Atlantique nord dans l'atmosphère (l'océan Arctique reçoit très peu de cette chaleur) provient de l'énergie transportée vers le pôle dans l'océan. Bunker l'a évaluée à $1,1 \times 10^{15}$ W (un petawatt), soit l'équivalent de l'énergie produite par autant de centrales électriques de 300 MW, espacées d'un mille marin, qu'il en faut pour relier les deux côtés de l'Atlantique à l'équateur!

Deuxièmement, en 1976, Abraham Oort et Thomas Vonder Haar ont utilisé une variante de la méthode de la «cage»; ils ont évalué, pour des tranches de 10° de latitude, la chaleur qui pénètre dans l'atmosphère, à l'aide de mesures du rayonnement solaire effectuées par satellite, la chaleur transportée vers le pôle dans l'atmosphère, au moyen de données recueillies par radiosonde, p. ex. le vent, la température et l'humidité, ainsi que le taux d'accumulation de la chaleur dans l'océan en se servant de données sur la température de la mer. Sachant que le système est en équilibre (en moyenne à long terme, la température actuellement ne varie pas de façon notable), ils ont évalué à $2,2 \times 10^{15}$ W la quantité d'énergie transportée vers le pôle par l'Atlantique nord et le Pacifique nord. En supposant que l'Atlantique transporte la moitié de la chaleur totale, ce résultat correspond à celui de Bunker.

Troisièmement, en 1980, Harry Bryden et Mindy Hall ont effectué leurs calculs à l'aide seulement de données océanographiques. Ayant constaté que la température prise à une profondeur donnée le long du 24° de latitude N. (en gros, de Miami à Dakar) était constante et connaissant la quantité de chaleur transportée vers le pôle, à cette latitude, par le Gulf Stream, au niveau du détroit de Floride, ils ont déterminé, d'après le bilan thermique à cette latitude, que la chaleur libérée dans l'atmosphère par l'océan était de $1,1 \times 10^{15}$ W; à noter que ce résultat se rapproche lui aussi de celui obtenu par Bunker.

Selon le Comité des changements climatiques océaniques, il est fort possible qu'avec des formules à jour et plus exactes pour le calcul de la chaleur transportée à la surface de la mer à l'aide des observations météorologiques faites sur les bateaux; qu'avec des mesures plus exactes et mieux

planifiées du rayonnement solaire effectuées au moyen de satellites et grâce à une augmentation raisonnable du nombre de radiosondes et de stations d'enregistrement de la température de la mer dans les réseaux de l'OMM; et enfin qu'une fois effectués des travaux en vue de mesurer la chaleur transportée vers le pôle dans l'océan au 24° de latitude N. (Bryden et Hall ont utilisé des données existantes), il devrait être possible de mesurer la quantité de chaleur transportée vers le pôle par l'Atlantique N. avec une précision de $\pm 20\%$, la moyenne étant calculée sur une période de cinq ans.

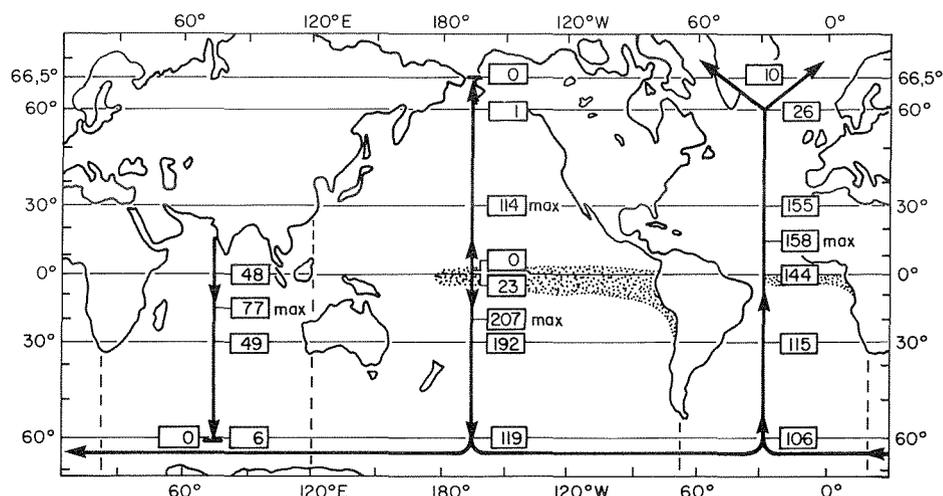
Les membres du groupe «CAGE» ont étudié la question avec soin et en sont venus à des conclusions pour le moins surprenantes et déconcertantes. En effet, des trois techniques proposées pour déterminer le flux thermique méridional, seule l'utilisation de données océanographiques semble satisfaisante.

La méthode de calcul de la chaleur transportée à la surface de la mer au moyen de formules empiriques est la moins exacte, le taux d'erreur variant de 30 à 50%. La technique du bilan mise de l'avant par Oort et Vonder Haar a été examinée à l'aide de données satellite nouvelles et plus exactes, des meilleures données météorologiques disponibles et du meilleur modèle de prévision numérique existant. Le bilan global du transport de la chaleur montre des différences annuelles inexplicables, en Eurasie, de l'ordre de $\pm 40 \text{ Wm}^{-2}$ (dans l'Atlantique nord, $\pm 20\%$ correspond à

10 Wm^{-2}). Pour ce qui est des techniques faisant appel aux données océanographiques, de nouvelles méthodes d'évaluation du transport de la chaleur ont été mises à l'essai et un nouveau programme a été entrepris pour le calcul de la chaleur transportée par le Gulf Stream. De plus, une étude des meilleures techniques d'évaluation de l'accumulation de chaleur dans l'océan a permis de constater qu'il était possible d'effectuer ce genre de calcul à l'aide de sept groupes de sondes thermiques non réutilisables, larguées à tous les 175 km par des navires marchands sur leur itinéraire régulier, cinq fois par an, et maintenues à 1200 m de profondeur. On a également découvert que la quantité de chaleur transportée varie, d'une année à l'autre, de moins de 20% par rapport à sa valeur moyenne. Le CCO a donc décidé de ne pas poursuivre l'ensemble de l'expérience «CAGE» mais plutôt d'en réaliser individuellement certaines parties dans le cadre de l'expérience sur la circulation océanique mondiale.

Du fait que nous avons consacré beaucoup de notre temps à l'amélioration des formules utilisées pour le calcul du transport vertical de la chaleur à la surface de la mer, les conclusions de l'expérience CAGE nous ont incités à déterminer et, lorsque possible, à éliminer les erreurs contenues dans les diverses formules. Il existe quatre modes de transport de la chaleur à la surface de la mer, soit :

1. le rayonnement solaire (réchauffe la surface de la mer)



Transport océanique de la chaleur (exprimé en unités de 10^{13} W), d'après Hastenrath (1980). Les lignes brisées montrent la façon dont l'océan a été divisé; les zones pointillées indiquent les régions où il s'échange le plus de chaleur entre les courants océaniques.

2. le rayonnement infrarouge (refroidit la surface de la mer)
3. le transport de chaleur par turbulence (réchauffe ou refroidit la surface selon que l'air est plus chaud ou plus froid que la mer; dépend de la vitesse du vent); et
4. le transport de vapeur d'eau par turbulence (habituellement, refroidit la surface de la mer; dépend de la vitesse du vent).

Nous avons commencé (Smith, 1981) par un examen soigné de nos propres données et de la documentation existante en vue de calculer l'évaporation et le transport de la chaleur à l'aide des meilleures formules possibles. Règle générale, les valeurs que nous avons obtenues sont de 20 à 30 % inférieures à celles de Bunker.

Nous avons comparé (Dobson) les mesures météorologiques effectuées par des observateurs compétents, à l'aide d'instruments étalonnés, à des stations météorologiques océaniques, avec celles recueillies par des observateurs non professionnels sur des bateaux se trouvant à moins de 2° de latitude et de longitude des stations météo en question. Les données climatiques recueillies par les observateurs sur les bateaux sont identiques, la pire erreur étant une sous-estimation d'environ 6 % de la quantité totale de nuages.

Nous avons mis à l'essai les formules existantes en nous servant de données sur le rayonnement solaire (série chronologique de 15-20 ans) recueillies à la station météo P dans le Pacifique nord et aux stations A, I, J et K dans l'est de l'Atlantique nord et à l'île de Sable (Nouvelle-Écosse). Selon la formule la plus utilisée (celle dont s'est servi Bunker, par exemple), élaborée en U.R.S.S. par Budyko et Berliand, la quantité de chaleur rayonnante par ciel clair est correcte à 2 % près tandis que la chaleur solaire par temps nuageux est sous-évaluée de 30 % ou plus. D'autres formules moins connues donnent de meilleurs résultats; cependant, nous avons décidé d'optimiser la technique de modélisation des observations au moyen de formules qui tiennent compte, à notre avis, de données physiques importantes. Nous pouvons modéliser le rayonnement solaire moyen avec une précision de quelque 5 %; nous ne pouvons faire mieux parce que c'est là la limite des radiomètres

utilisés actuellement sur les navires météorologiques!

Nous savons que la formule pour le calcul du rayonnement infrarouge utilisée par Budyko surestime de 30 % le taux de refroidissement de l'océan dans les régions tropicales. Nous espérons que d'autres chercheurs se pencheront eux aussi sur le problème en vue de trouver une meilleure formule.

Dans l'étude sur le bilan thermique à la station météorologique océanique *Bravo*, située au milieu de la mer du Labrador, que nous venons de publier (Smith et Dobson, 1984), nous démontrons que la méthode utilisée par Bunker surestime d'environ 50 % le refroidissement net de la surface de la mer. En comparant les apports de chaleur au taux d'accumulation de la chaleur à la station *Bravo* et en nous servant de données océanographiques étudiées par John Lazier, nous avons évalué la quantité de chaleur transportée par les courants océaniques qui traversent la région. D'un mois à l'autre, la quantité de chaleur accumulée diffère grandement de celle qui traverse la surface, tandis qu'à long terme, les chiffres sont à peu près égaux. Du fait que, selon les données océanographiques sur le secteur, les transferts de chaleur sont peu importants, cette conclusion n'est pas en désaccord avec nos formules de calcul de la chaleur transportée.

L'un de nos collègues, L. Hasse, de l'Université de Kiel, en Allemagne de l'Ouest, et un étudiant ont fait l'acquisition des moyennes mensuelles des diverses variables météorologiques dans l'Atlantique nord calculées par Bunker encore disponibles; à l'aide des formules les plus modernes, ils refont les calculs sur le transport de la chaleur à la surface de la mer, compte tenu des échelles temporelles et spatiales. Nous avons examiné diverses formules avec eux et nous nous sommes entendus sur celles à utiliser. (En fait, ils n'utilisent pas exactement les mêmes formules que nous, mais elles se ressemblent beaucoup.) Les travaux ne sont pas terminés, mais il est évident que l'évaluation faite par Bunker de la quantité moyenne de chaleur (10^{15} W) transportée chaque année vers le pôle par l'Atlantique nord au niveau du 24° de latitude N. est trop élevée. Mais de combien? Nous pensons qu'il faudrait réduire ce chiffre de

moitié. Étant donné que la plupart des estimations actuelles, quelle que soit la technique utilisée, sont de l'ordre de 10^{15} W, les nouveaux résultats jettent le doute sur les données existantes.

Le fait que des données portant sur un secteur ayant fait l'objet d'autant d'études que l'Atlantique nord soient mises en doute préoccupe beaucoup ceux qui veulent comprendre le système climatique mondial et, éventuellement, faire des prévisions à son égard. La figure ci-jointe, extraite d'un article de Stefan Hastenrath (1980), illustre les relations, quant au transport de la chaleur, entre les océans; signalons l'importance de l'Atlantique nord à ce chapitre. Refaire tout le bilan compte tenu des nouvelles estimations, plus petites, sur le transport de la chaleur dans l'Atlantique nord n'est pas une mince affaire. Étant donné les liens étroits qui unissent l'océan et l'atmosphère, il faut également réexaminer les apports de l'atmosphère au niveau du transport de la chaleur vers le pôle. Les problèmes qui surgiront ne seront pas faciles à résoudre; nous sommes d'avis que nos formules pour le calcul du réchauffement en surface ont une précision de ± 20 %. Au cours des prochaines années, l'étude des interactions entre l'atmosphère et la mer, en ce qui concerne le climat, promet d'être des plus intéressantes.

Ouvrages de référence

- BRYDEN, H.L. and HALL, M.H. 1980. Heat transport by currents across 25°N in the Atlantic Ocean. *Science* 207: 884-886.
- BUNKER, A.F. 1976. Computations of surface energy flux and annual air-sea interaction cycles of the North Atlantic Ocean. *Monthly Weather Review* 104: 1122-1140.
- DOBSON, F.W., BRETHERTON, F.P., BURRIDGE, D.M., CREASE, J., KRAUS, E.B., and VONDER HAAR, T.H. 1982. The CAGE Experiment: A feasibility study. Report WCP-22, World Meteorological Organization, Geneva: 95 p.
- HASTENRATH, S. 1980. Heat budget of tropical ocean and atmosphere. *Journal of Physical Oceanography* 10: 159-170.
- LAZIER, J.R.N. 1980. Oceanographic conditions at Ocean Weather Ship *Bravo*, 1964-1974. *Atmosphere-Ocean* 18: 227-238.
- OORT, A.H. and VONDER HAAR, T.H. 1976. On the observed cycle in the ocean-atmosphere heat balance over the northern hemisphere. *Journal of Physical Oceanography* 6: 781-800.
- SMITH, S.D. 1981. Coefficients for sea surface wind stress and heat exchange. Bedford Institute of Oceanography, Report Series, BI-R-81-19: 31 p.
- SMITH, S.D. and DOBSON, F.W. 1984. The heat budget at Ocean Weather Station *Bravo*. *Atmosphere-Ocean* 22: 1-22.

Tendances et configuration des températures de surface dans le nord-ouest de l'Atlantique

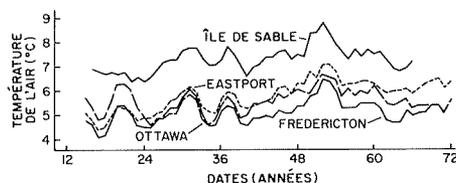
R. W. Trites

Des études portant sur la température à la surface de l'eau, dans le nord-ouest de l'Atlantique, révèlent des variations annuelles et décennales. L'on s'aperçoit de plus en plus que les conditions météorologiques générales sont un élément déterminant ces changements.

Les enregistrements biquotidiens de la température de la surface de la mer, commencés en 1921 à St. Andrews (Nouveau-Brunswick), constituent la plus longue série de données du genre, pour un même endroit, sur la côte atlantique canadienne. Les températures annuelles moyennes, de 1921 à 1983, ont été en dessous de la moyenne (7°C) pour l'ensemble de la période visée, du début des années 20 au milieu des années 40; de 1945 à 1960, les moyennes annuelles ont été supérieures à la moyenne de l'ensemble de la période. Aussi est-il impossible de déceler une tendance. On remarque toutefois que de 1951 à 1980, la température moyenne était supérieure de 0,6°C à la moyenne de 1921 à 1950. Les variations annuelles relativement importantes que l'on constate (atteignant 1,8°C) comptent pour une bonne part de l'écart maximal rencontré (2,7°C) entre l'année la plus froide, 1923, et l'année la plus chaude, 1951.

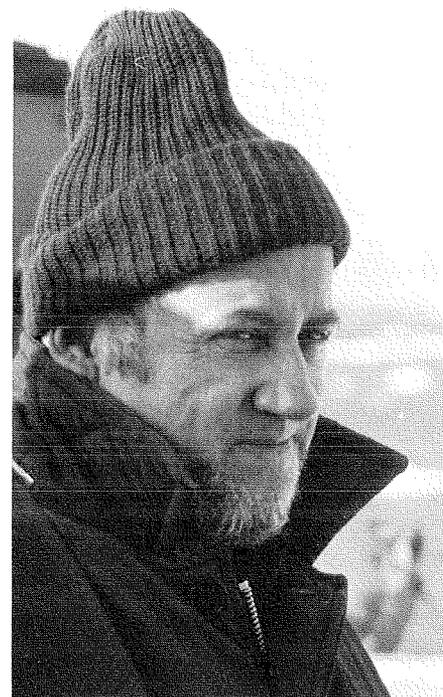
La température de l'eau à un endroit donné près de la côte est fonction des processus locaux (échange de chaleur à la surface et mélange) et de l'advection qui se produit à diverses échelles géographiques. Pour un mois donné (ou même une année), les anomalies enregistrées en des endroits distants de seulement quelques dizaines de kilomètres peuvent varier en importance et

en valeur. Cependant, mises en moyennes de plusieurs années, les anomalies se comparent généralement. En fait, on a la preuve que des processus à grande échelle agissent sur des centaines et peut-être des milliers de kilomètres pour produire des changements cohérents de température.



Tracés de moyennes pondérées des températures de l'air, pour 3 années, à Eastport (Maine), Fredericton (Nouveau-Brunswick), Ottawa (Ontario) et l'île de Sable (Nouvelle-Écosse).

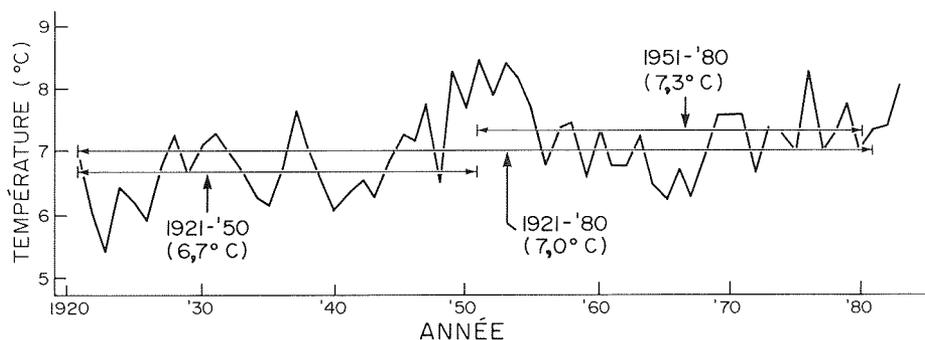
Pour saisir l'ampleur de ces changements à long terme, il faut d'abord étudier les températures de l'air, ces dernières ayant été enregistrées plus souvent et en plus d'endroits que celles de l'eau. Ce faisant, on s'aperçoit que la variation annuelle de la température de l'air est constante sur des superficies considérables. Ainsi, on constate facilement le lien étroit qui existe entre les moyennes mobiles de trois années de la température à Ottawa, Fredericton,



Ron Trites

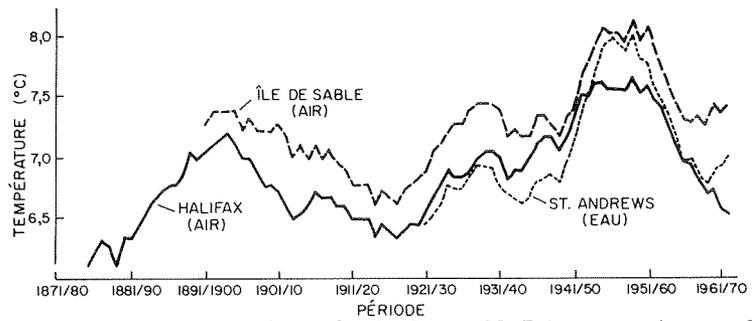
Eastport et l'île de Sable. De même, la relation entre les températures de l'air et de l'eau est normalement valable, lorsque l'on utilise des moyennes mobiles de plusieurs années.

Pour l'ensemble de la partie nord-ouest de l'Atlantique, la majeure partie des données sur la température de surface proviennent surtout de registres de navires marchands portant sur la température d'entrée de l'eau de refroidissement de leurs machines; ces informations sont soit transmises par radio, sous forme de messages météorologiques à des stations terrestres, soit inscrites dans les livres de bord confiés au *National Climatic Center*, en Caroline du Nord. À l'analyse, dans des carrés d'un degré de côté, ces données montrent une variabilité relativement élevée, tant dans l'espace que dans le temps. Or, il ne fait aucun doute qu'une part de cette variabilité est réelle, mais que le reste est le fruit d'un échantillonnage insuffisant. Cependant, on peut constater une cohérence et des changements à grande échelle en groupant les données du nord-ouest de l'Atlantique en un certain nombre de secteurs coïncidant avec les bancs de pêche et avec les principales masses d'eau (p. ex. le courant du Labrador, le gulf Stream, la mer des Sargasses). Un tracé spatio-temporel des anomalies annuelles de la température de surface, pour la période de 1972 à 1983, est relativement uniforme durant plusieurs

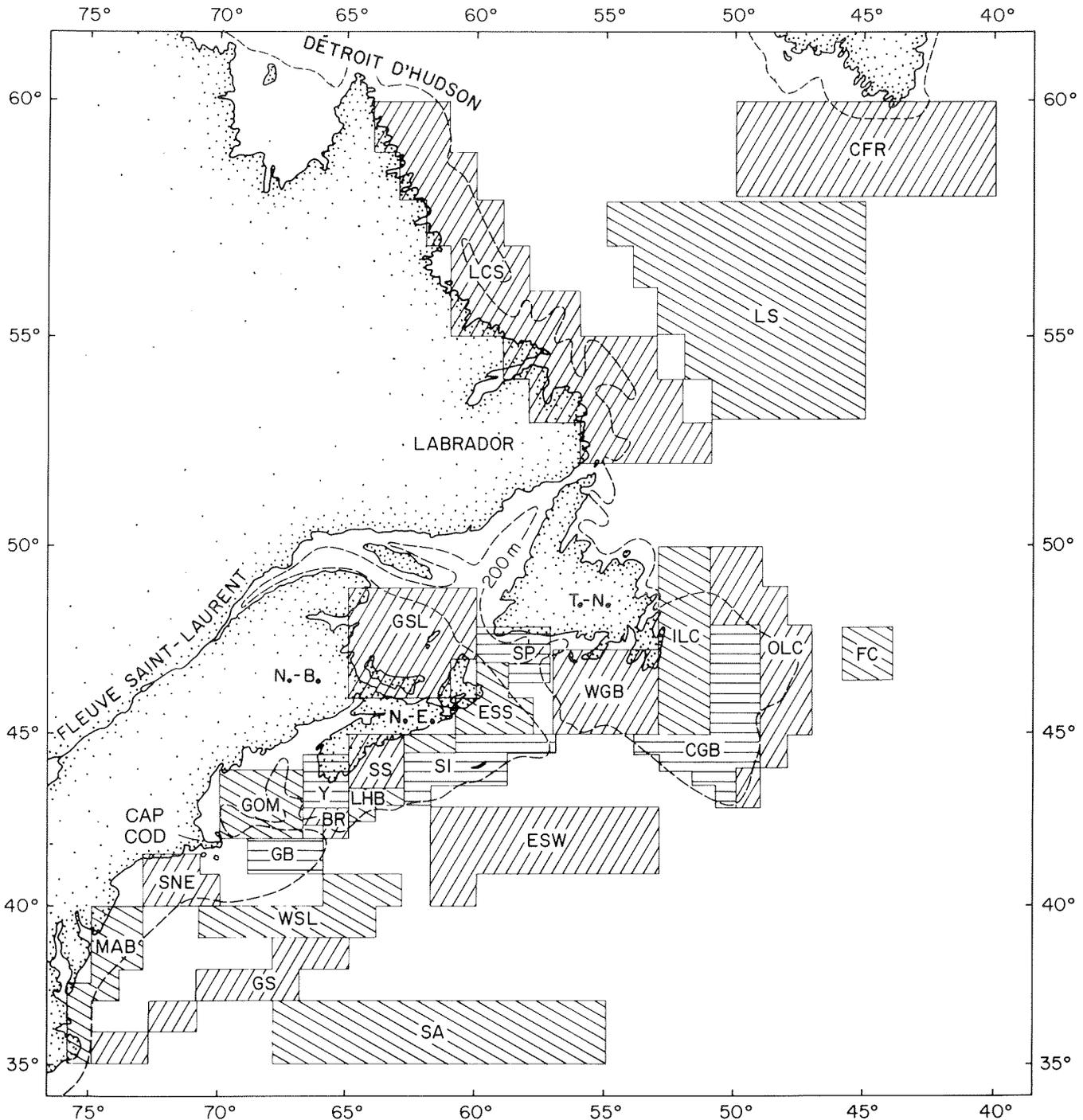


Température moyenne annuelle de la surface de la mer à St. Andrews (Nouveau-Brunswick), de 1921 à 1923. La moyenne de toute la période est de 7°C.

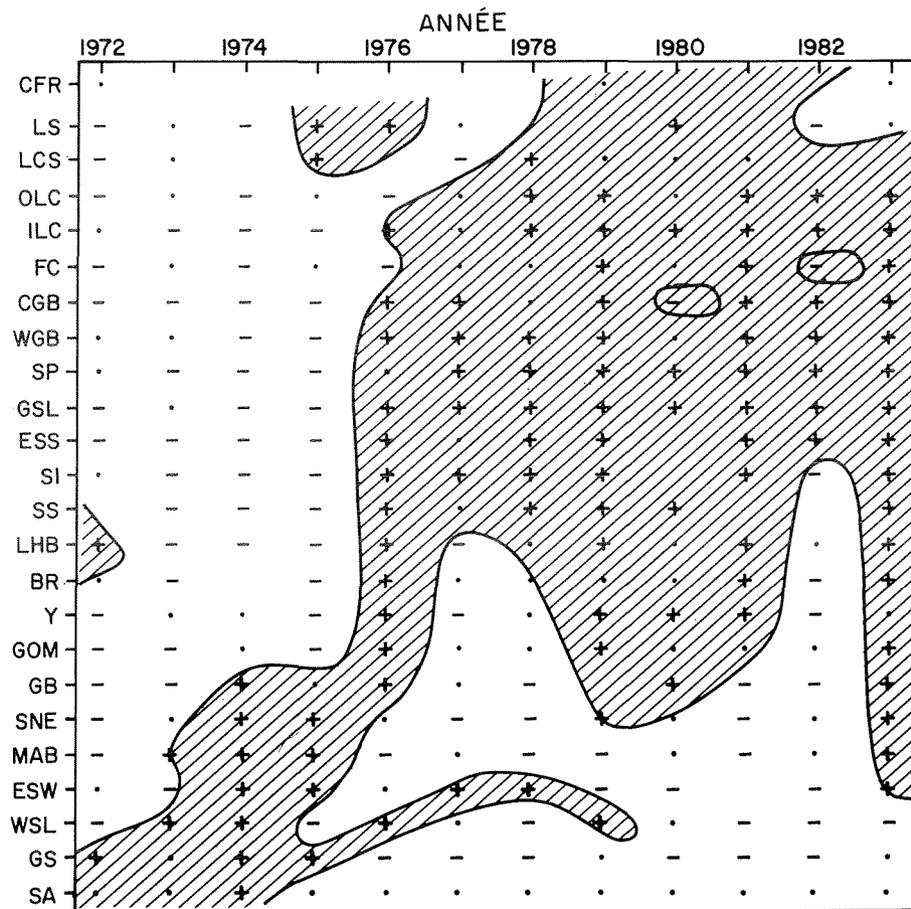
années, pour des valeurs entre 1000 et 2000 kilomètres. De 1972 à 1975, les eaux du nord et du plateau continental, de la côte du Labrador au golfe du Maine, étaient relativement froides; par contre, l'eau du sud et du large du Gulf Stream et de la mer des Sargasses était plus chaude que la normale. En 1976, on a observé des signes de renversement de la situation. En effet, de 1977 à 1983, les températures annuelles moyennes étaient habituellement



Température de l'eau de surface à St. Andrews (N.-B.), et température de l'air à l'île de Sable et Halifax (N.-É.). Les moyennes mobiles décennales des températures annuelles moyennes sont fondées sur la dernière année de la période.



Carte montrant les zones où on a fait des observations de surface, qui ont été mises en moyenne mensuelle.



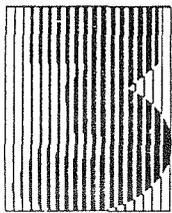
Températures annuelles de surface, de 1972 à 1983, par sous-zones (voir carte précédente), par rapport aux moyennes de 1972 à 1980 (période de référence). (Les anomalies sont des écarts, en + ou en -, de 0,15°C; un '.' indique une anomalie inférieure à 0,15°C.) Pour les lignes de niveau, on a tenu compte seulement des écarts supérieurs à 0,15°C.

supérieures à la normale dans les secteurs nord, et inférieures à la moyenne dans les zones sud. Les anomalies positives les plus grandes des 12 années se sont produites en 1983, dans la région des Grands bancs et du plateau continental Scotian.

Il n'est pas surprenant de constater des liens manifestes entre la courbe des températures anormales de la surface de l'eau et les conditions météorologiques à

grande échelle (température de l'air et réseau de pression atmosphérique). Il est intéressant de noter qu'en 1982-1983, on a enregistré la plus grande manifestation d'*el Niño* en plus de 100 ans. *El Niño* est relié à des eaux anormalement chaudes dans le Pacifique tropical oriental; cependant, on a démontré récemment qu'il fait partie d'une interaction beaucoup plus importante entre l'océan et l'atmosphère. On en ressent les

effets presque partout dans le monde, et il semble probable que la configuration anormale de la pression atmosphérique, au niveau de la mer, sur l'Atlantique nord, est partiellement reliée à la réaction atmosphérique rattachée à *el Niño*; cependant, il faudra d'autres recherches pour connaître la nature de ces rapports.



Influence de l'Arctique

Le mécanisme thermique planétaire qui détermine le climat, et dont la variabilité fait l'objet de la présente *Revue*, sert surtout à redistribuer la chaleur – reçue principalement à la surface de la terre, à la hauteur des tropiques – sur toute la surface du globe; on sait que cette chaleur est répartie inégalement en zones froides et chaudes que nous connaissons et qui permettent à l'industrie, à l'agriculture et à l'exploitation forestière d'exister.

C'est justement la redistribution de cette chaleur qui régit le système des vents, en surface et en altitude, tout comme les courants océaniques de surface et de profondeur. Dans l'est du Canada et l'Atlantique nord, ces processus sont caractérisés par le transport de la chaleur à de hautes latitudes, par les chauds courants superficiels des océans, et le retour de l'eau froide, en direction sud, depuis l'Arctique, que ce soit en surface, comme le courant du Labrador, ou en profondeur, depuis les centres de formation des eaux de profondeur, dans les mers du Labrador et de Norvège. La variabilité de ce processus de transport de la chaleur n'influe pas seulement sur l'Arctique et la vie qui s'y trouve, mais aussi sur l'ensemble du monde océanique de toute la région; ce caractère variable fait l'objet d'études exposées dans ce chapitre.

Ruissellement de l'Arctique dans l'Atlantique nord

J.R.N. Lazier

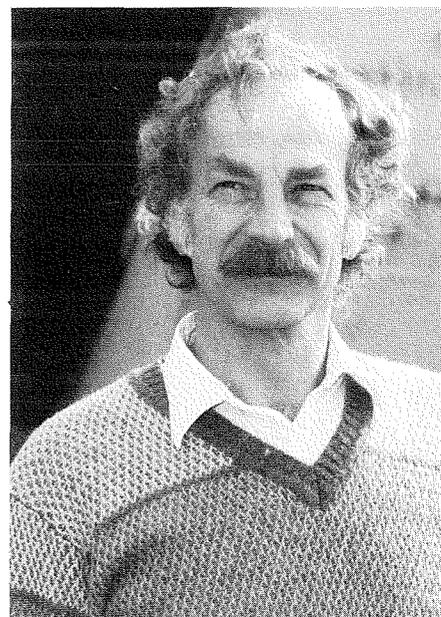
Le ruissellement d'eau douce dans l'Arctique aide à régir des processus importants dans la partie nord de l'océan Atlantique, notamment l'échange hivernal de chaleur par convection dans la mer du Labrador et le transport de chaleur dans les courants limites. On expose deux séries d'activités destinées à l'étude du rôle de l'eau douce.

Les quelque 80 000 tonnes d'eau douce que déversent chaque seconde dans l'Atlantique nord des grands cours d'eau du Canada et d'U.R.S.S., comme le MacKenzie et le Yenisey, influent grandement sur le climat et la constitution de l'océan.

Au cours des dernières années, nous avons commencé à comprendre quelques éléments importants de cette interaction. D'abord, nous avons appris le rôle de l'eau douce en hiver, qui se mélange par

convection à l'eau salée, dans la mer du Labrador; ensuite, nous avons vu comment les variations annuelles du débit de l'eau douce font changer la profondeur à laquelle se produit la convection; maintenant, nous cherchons à savoir comment l'eau douce atteint le milieu de l'océan et à saisir le fonctionnement des processus et leurs interactions.

L'eau douce pénètre dans l'océan sous forme de pluie, de neige, de glace fondue ou encore par les cours d'eau qui s'y



KELLY BENTHAM

John Lazier

déversent. Ensuite, elle se mélange à l'eau de mer, qui contient environ 3,5 % de sel. L'eau douce ne le demeure pas

complètement; elle devient de plus en plus salée, avec le temps; c'est d'ailleurs en mesurant la salinité de l'eau de mer que l'on peut déceler l'«eau douce», moins salée que l'eau de mer pure.

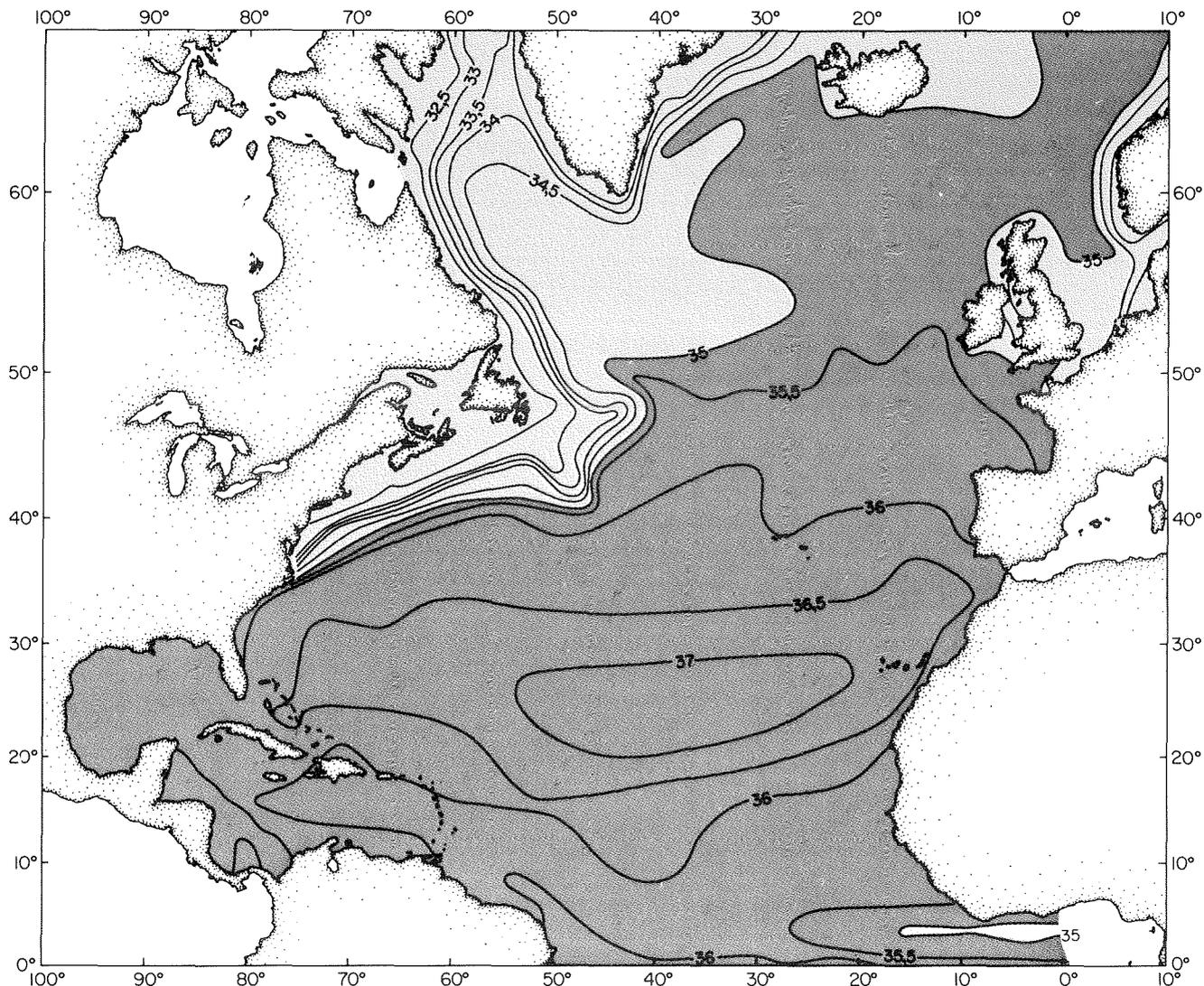
L'océan Arctique est celui qui contient la plus grande proportion d'eau douce; cela s'explique en partie parce que s'y déversent les grands cours d'eau de l'Arctique et aussi parce que la couverture de glace empêche l'évaporation de l'eau douce. L'eau de l'Arctique atteint l'Atlantique nord en traversant l'archipel des îles de l'Arctique et le détroit du Danemark, entre le Groenland et l'Islande. Une portion moindre de l'eau douce provient de la baie d'Hudson, par le détroit d'Hudson.

Dans la première figure, on peut voir, sur une carte de la salinité à 30 m de profondeur, l'influence de l'eau douce de l'Arctique sur l'Atlantique nord. Le long du Groenland, de l'île Baffin et du Labrador, se trouvent des bandes d'eau de faible

salinité (moins de 33,0 ppm ou 3,3 % de sel), qui marquent le flot vers le sud de l'eau arctique, dans les courants est et ouest du Groenland, de l'île Baffin et du Labrador. L'effet du débit du fleuve Saint-Laurent se manifeste aussi par l'eau faiblement salée du golfe du Saint-Laurent et du large de la Nouvelle-Écosse. Les salinités les plus élevées, causées par une évaporation rapide, se trouvent au milieu de l'océan, à la hauteur du sud de la Floride. Au milieu de la mer du Labrador, au sud du Groenland et à l'est du Labrador, se trouve une zone océanique profonde dont l'eau est moins salée que partout ailleurs. C'est l'écoulement principal pour la mer du Labrador.

L'influence de cet écoulement sur le climat de l'océan a d'abord été constaté à l'examen des données recueillies sur le navire météorologique *Bravo*. Ce navire était stationné à 56° 30' N, 51° W, dans le milieu de la mer du Labrador, de 1945 à

1974; pendant les dix dernières années de sa mission, il a recueilli des données océanographiques. La deuxième figure montre la salinité au site de *Bravo*, à diverses profondeurs, pour les dix années visées. La courbe du bas représente la salinité près de la surface; comme les courbes ne se croisent pas, on constate que la salinité la plus faible se trouve toujours à la surface. On voit que la salinité diminue en été et augmente en hiver; c'est le cycle annuel. La baisse estivale s'explique par l'augmentation du ruissellement de printemps et d'été et la fonte des glaces; l'augmentation hivernale est attribuable au ralentissement automnal du ruissellement, en même temps que l'eau se refroidit et que se forment de violentes tempêtes qui brassent la surface de l'océan et amènent de l'eau plus salée près de la surface. Du point de vue du climat, l'élément important est une baisse des salinités de la fin des années 60 au début des années 70, en plus



Salinité en parties par mille dans l'Atlantique nord, à profondeur de 30 m.

des courbes annuelles. Ce changement constaté à la station *Bravo* a été l'une des manifestations d'un phénomène généralisé qui a abrégé la saison agricole en Angleterre, à la fin des années 60, et qui a engendré une production inhabituelle de glace au nord de l'Islande. On peut encore observer les effets de ce phénomène dans l'Atlantique nord moyen, à une profondeur de 1 500 mètres. Selon Dickson *et al.* (1975), cette baisse de salinité s'explique par un système atmosphérique de pression anormalement élevée qui est demeuré au-dessus du Groenland pendant quelques années. Comme l'air se déplace dans le sens horaire autour des hautes pressions, cette situation a engendré des vents anormalement forts et durables soufflant vers le sud, le long de la côte est du Groenland. Ainsi, la glace et l'eau froide et faiblement salée de l'Arctique ont été poussées en quantités inhabituelles au sud du détroit du Danemark.

Au milieu de la mer du Labrador, cette couche d'eau anormalement douce a stabilisé de façon exceptionnelle la colonne d'eau, à la fin des années 60, augmentant du même coup la chaleur requise pour que le mélange de l'eau par convection se fasse avec des couches données. C'est là un élément important, étant donné que la mer du Labrador est l'un des rares endroits au monde où l'eau est poussée par convection vers les grandes profondeurs en hiver. C'est l'une des façons dont les eaux des profondeurs sont régénérées ou créées dans les océans. Les années exceptionnellement froides, comme en 1976, l'eau douce peut descendre à 2 000 mètres de profondeur;

par contre, les années de doux temps, comme en 1969 et 1970, l'eau douce additionnelle ajoute de la flottabilité à la couche de surface, de sorte que le mélange peut se faire à seulement 200 mètres. Cet écart dans le mélange d'hiver peut s'observer en gros sur le tracé de la salinité (deuxième figure). En hiver, l'eau est homogène à une profondeur donnée si les lignes sont relativement près les unes des autres. Par contre, si elles sont distancées les unes des autres, c'est qu'il existe un gradient de salinité, fonction de la profondeur. La série d'hivers doux qui a semblé accompagner l'eau exceptionnellement douce s'est terminée subitement à l'hiver 1971-1972, qui a été très froid. Cette année-là, la convection s'est effectuée à 1 500 mètres et peut-être davantage.

Pour résumer, une pression atmosphérique anormalement élevée au-dessus du Groenland a engendré des vents exceptionnellement forts et durables qui, soufflant en direction sud le long de la côte est du Groenland, ont poussé dans l'océan Atlantique plus de glace et d'eau de l'Arctique que d'habitude. Cette eau, caractérisée par une salinité moindre que celle de l'Atlantique, a fait office de couvercle à faible flottabilité sur la mer du Labrador, ce qui a contribué à faire baisser la profondeur à laquelle le mélange par convection s'est fait pendant les hivers de 1969 à 1971.

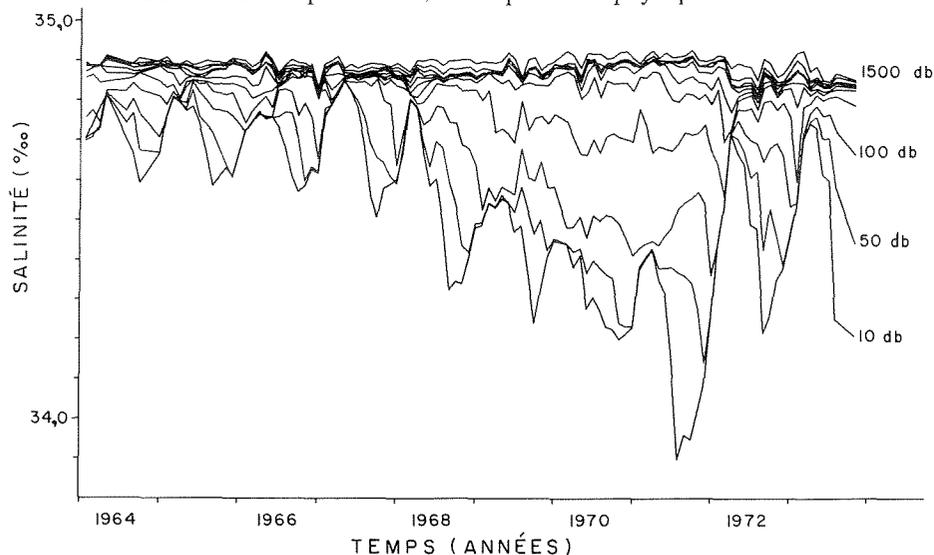
Un facteur climatique de cette ampleur est très intéressant; en effet, il montre les changements qui peuvent se produire et certaines relations importantes entre les processus physiques à l'oeuvre dans

l'océan. Il y aura de grands avantages économiques à comprendre cette chaîne de phénomènes et l'ampleur de leurs incidences.

Maintenant que l'on a pu observer un changement important du climat océanique, il reste à déterminer la fréquence de ce phénomène, ses effets sur le climat atmosphérique et sur les pêcheries de Terre-Neuve. Pour aller un peu plus loin, on a mis sur pied en 1978 un programme visant à surveiller le débit du courant du Labrador, près du banc Hamilton, au Labrador. Les courantomètres, qui servent à mesurer la vitesse du courant pour des périodes de 9 à 12 mois, sont installés en trois endroits: l'un sur une isobathe de 1 000 mètres, dans la partie la plus rapide du courant; les deux autres sont amarrés dans des eaux moins profondes, à l'ouest du banc. Les icebergs étant nombreux dans ce secteur, les courantomètres sont fixés près du fond ou à pas moins de 500 mètres de profondeur; cela est regrettable, étant donné que le courant le plus fort se manifeste près de la surface, et que les changements annuels importants se feront sentir surtout dans cette couche.

Dans le cadre de ce programme, on s'est heurté à un certain nombre de problèmes de matériel, dont le plus inusité a été la corrosion élevée et imprévue au milieu du courant du Labrador, laquelle a entraîné la perte de quatre instruments. Heureusement, deux d'entre eux ont été retrouvés; l'un en Irlande, l'autre aux Açores. Les icebergs et (ou) les chalutiers ont délogé trois autres ancrages; en changeant de dispositif d'ancrage, en utilisant du matériel perfectionné et en choisissant des endroits «sûrs», nous avons pu améliorer grandement le taux de réussite.

À ce jour, les données révèlent de nombreuses caractéristiques intéressantes, comme un changement saisonnier dans la partie principale du courant et des augmentations subites et inexplicables, au milieu de l'hiver, sur le plateau intérieur; toutefois, il est trop tôt pour savoir si nous sommes en présence de changements climatiques significatifs. En attendant, on en apprend beaucoup sur les changements, tant hebdomadaires que saisonniers, de température, de salinité et de vitesse; par le fait même, nous comprenons mieux les processus qui régissent et modifient le courant.



Salinité mensuelle moyenne à 11 profondeurs données, à la station *Bravo*, de 1964 à 1973.

Le processus de renouvellement de l'eau qui occupe les 500 premiers mètres de la mer du Labrador est aussi l'objet de recherches de la part de l'IOB. Nous sommes passablement certains que cette eau provient du mélange d'une partie de l'eau du courant du Labrador avec de l'eau du Gulf Stream; cependant, on ne sait ni comment ni où cela se produit. Il semble que l'endroit le plus plausible se trouve à l'est et au nord-est du Bonnet flamand, là où l'eau du courant du Labrador coule des plateaux continentaux peu profonds, en direction nord, juste à l'ouest du bras le plus septentrional du Gulf Stream, qui se dirige avec force vers le nord. L'eau du Labrador, froide et relativement douce, côtoyant l'eau chaude et salée du sud, provoque des gradients horizontaux de température et de salinité accrus, dans cette région. Or, le mélange ou l'agitation sont plus probables dans des zones

caractérisées par d'importants gradients horizontaux, en partie parce que ces secteurs produisent plus d'énergie; en effet, les gradients élevés de vitesse, horizontaux et verticaux, sont liés aux gradients élevés de température et de salinité. Or, l'on sait que les gradients horizontaux élevés de vitesse deviennent souvent instables, entraînant une fragmentation des zones frontales en petits remous qui ont tendance à mélanger les eaux différentes. En portant sur carte les températures et les salinités du secteur, en étudiant les trajets de dériveurs suivis par satellite et en analysant les données sur la vitesse de l'eau, nous commençons à mieux comprendre les mécanismes qui amènent les eaux à se mélanger avant de se rendre au milieu de la mer du Labrador.

En résumé, nous avons décelé un indice climatique intrigant: les salinités (qui ont diminué à la fin des années 60) du milieu

de la mer du Labrador. La couche faiblement salée a contribué à limiter la profondeur à laquelle se produit le mélange par convection, en hiver, et a légèrement modifié les températures et les salinités des couches supérieures de la mer du Labrador. Nous poursuivons sur place deux programmes dans le but de mieux comprendre les processus qui amènent les eaux de l'Arctique au sud, les mélangent avec les eaux méridionales, et provoquent des changements de température et de salinité, d'une année à l'autre.

Ouvrage de référence

DICKSON, R. R., LAMB, H. H., AMLMBERG, S.-A., and COLEBROOK, J. M. 1975. *Climatic reversal in the northern North Atlantic. Nature* 256: 479-482.

La glace de mer, indicateur de changements climatiques

G. Symonds

Il existe des liens étroits entre les fluctuations de la concentration de glace de mer, de 1963 à 1969, et les variations qui ont touché l'atmosphère et l'océan, pendant cette période. De plus, la présence de glace de mer fait augmenter la variabilité de l'atmosphère et peut-être aussi de l'océan. Donc, la glace de mer joue un rôle tant passif qu'actif à l'égard des conditions climatiques locales et planétaires.

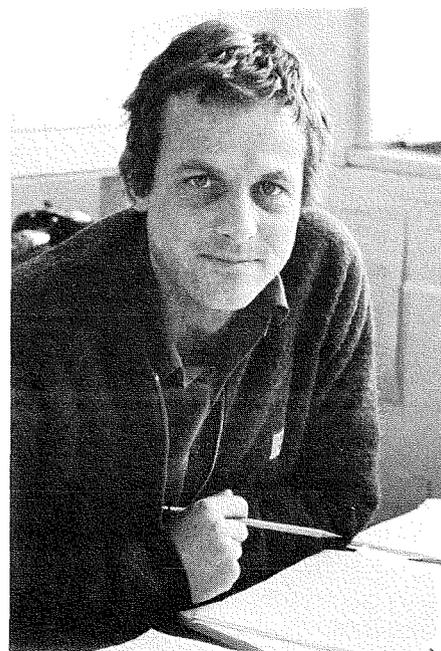
Qu'il s'agisse de glaciations planétaires ou de fluctuations locales et annuelles, la glace de mer est un bon indicateur de la variabilité du climat. Ce lien est renforcé par les interactions entre l'atmosphère et la glace de mer, où la glace réagit aux changements climatiques et peut, ultérieurement, faire sentir ses effets sur la variabilité du climat. Par conséquent, en comprenant les facteurs qui influent sur la répartition de la glace de mer, on aura une idée du mécanisme qui régit la variabilité climatique.

La circulation atmosphérique est déterminée par la répartition planétaire de la chaleur absorbée par l'atmosphère. Règle générale, la quantité de chaleur absorbée dépend de trois facteurs:

(1) la quantité de rayonnement solaire qui parvient à la haute atmosphère;
(2) la composition de l'atmosphère; et

(3) les propriétés de réverbération et d'absorption de la surface de la terre.

L'atmosphère permet facilement au rayonnement d'ondes courtes (énergie solaire) de la traverser et d'être absorbée ou réfléchi par la surface de la terre. Cette énergie absorbée est renvoyée dans l'atmosphère sous forme d'ondes longues et constitue la principale source de chaleur pour l'atmosphère. On obtient une mesure de l'énergie absorbée par la terre et donc de son réchauffement en faisant l'albédo de la surface, c'est-à-dire le rapport entre le rayonnement réfléchi et les ondes courtes reçues du soleil. L'albédo se situe entre zéro et un; plus il est élevé, plus la réflectivité est grande et moins l'absorption est importante. En terrain plat et constitué de roc, l'albédo se situe entre 0,12 et 0,15; pour la neige et la glace, il oscille entre 0,70 et 0,80. L'albédo élevé de la glace et de la



KELLY BENTHAM

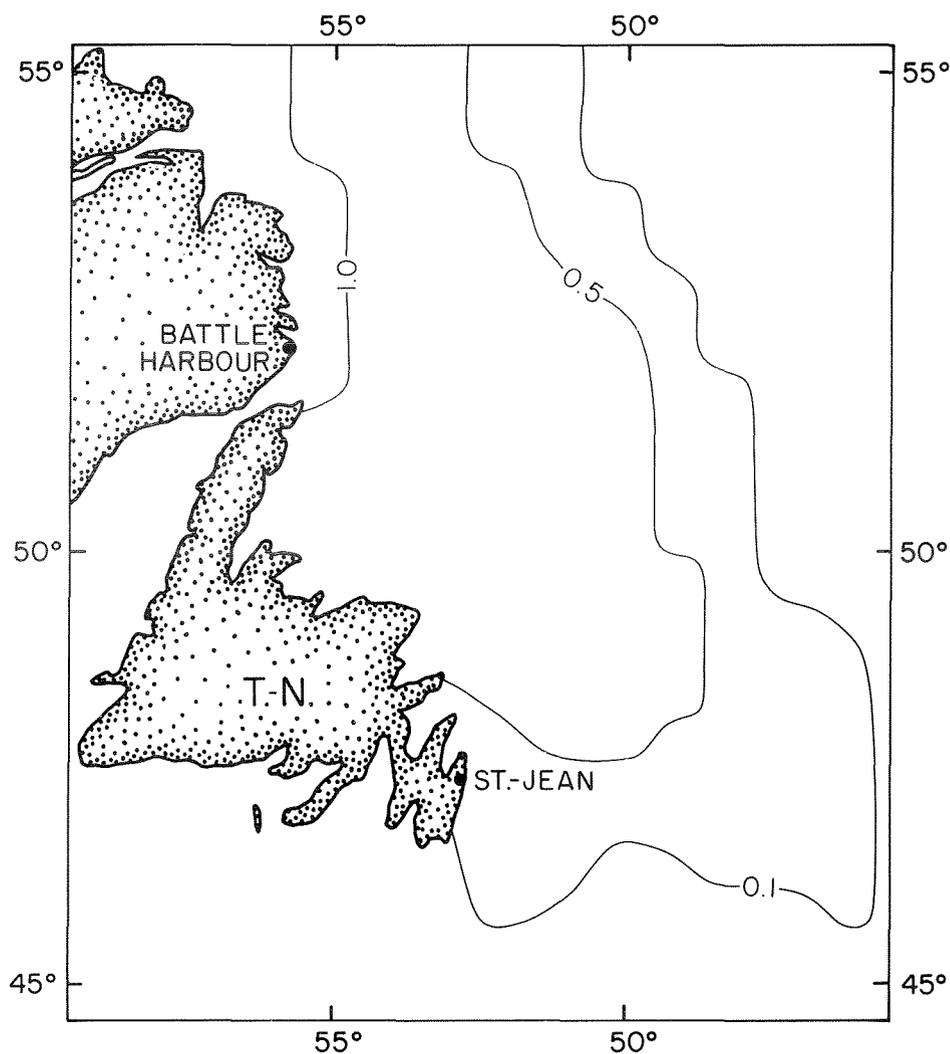
Graham Symonds

neige peut mettre en branle un mécanisme d'entraînement par lequel une baisse généralisée de la température fera augmenter la superficie enneigée et glacée; or, cette surface accrue diminuera encore davantage l'absorption de chaleur de la terre, ce qui fera baisser encore la température, etc. Pour les mêmes raisons, des températures en hausse et la diminution des surfaces glacées et enneigées entraîneront inévitablement un réchauffement. En plus

de l'effet de l'albédo, la glace isole efficacement l'atmosphère de l'océan. Les océans, qui transportent la chaleur des régions tempérées, sont une importante source d'énergie thermique pour les régions polaires. Or, la présence ou l'absence de glace jouent grandement sur les échanges de chaleur entre l'océan et l'atmosphère et sur les températures de l'air de surface.

En hiver, la glace de mer de l'Arctique couvre quelque $14 \times 10^6 \text{ km}^2$, comparativement à $7 \times 10^6 \text{ km}^2$ en été. Cela signifie que, dans l'hémisphère nord, environ 7 000 000 de kilomètres carrés se couvrent et se découvrent de glace chaque année. En plus du cycle saisonnier de l'année, la superficie couverte peut varier de quelque $0,3 \times 10^6 \text{ km}^2$, sur des périodes de 10 ans. Ces chiffres sont fondés sur une moyenne établie pour la période de 1953 à 1977 (Walsh et Johnson, 1979). À l'échelle géologique, la glace de mer a varié énormément, tantôt couvrant une superficie qui descend jusqu'au 40° parallèle nord, tantôt étant complètement absente. Les fluctuations de la glace de mer sont l'une des conséquences des processus complexes d'interaction entre l'air et la mer, et sont naturellement solidaires des variations climatiques.

Dans l'hémisphère nord, la couverture de glace varie grandement, d'une saison à l'autre et d'une année à l'autre, dans les mers qui environnent l'océan Arctique. Dans les mers du Groenland et du Labrador, la baie Baffin et le détroit de Davis, l'écoulement de l'Arctique transporte vers le sud la glace de mer et l'eau de surface, à faible salinité, le long de la côte est du Groenland, de l'île Baffin et du Labrador. Or, à cause de la présence de cette eau relativement douce et près du point de congélation, il se forme en hiver de la glace de mer dans toute cette région; cependant, cette glace fond en été, grâce au rayonnement solaire qui est fort à ces latitudes. Une autre couche superficielle à faible salinité permet la formation de glace, en direction sud, dans la mer de Béring. Par contre, dans la mer de Barents, au nord de la Norvège, on remarque un flot d'eau salée et chaude de l'Atlantique, vers l'océan Arctique, qui compense le flot inverse charriant de l'eau froide et peu salée. Ce courant est un apport de chaleur qui maintient certaines parties de la mer de Barents libres de glace pendant toute l'année et fait fondre presque totalement la couverture de glace dans le reste de la région, en été. On voit donc que les



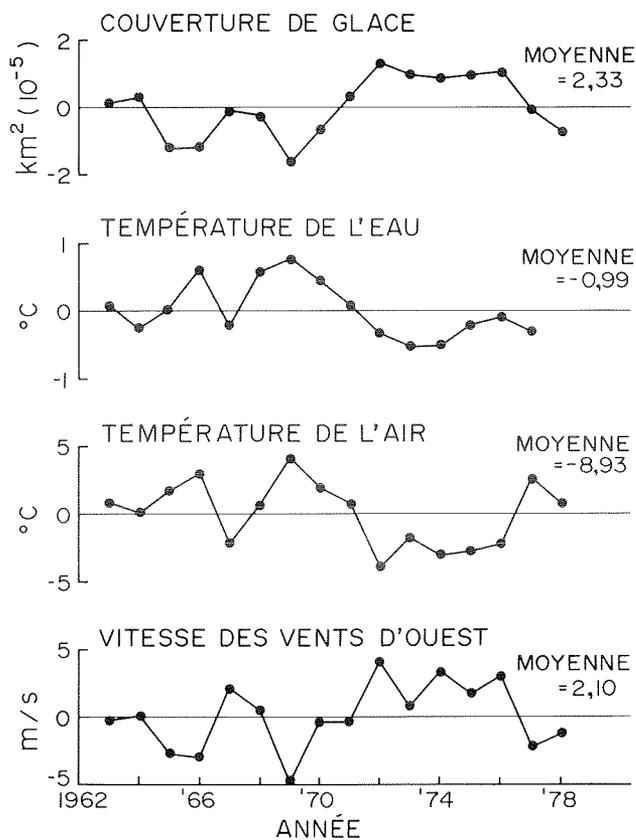
Prévision des glaces de mer en mars, fondée sur les probabilités d'occurrence établies de 1963 à 1978. Les valeurs moyenne, minimale et maximale sont représentées par les courbes de niveau 0,5, 1,0 et 0,1 respectivement.

courants océaniques jouent un rôle important dans la répartition de la glace dans l'hémisphère nord.

Dans ces mers bordières, la couverture saisonnière de glace varie d'une année à l'autre. Or, lorsque ces variations persistent pendant des années, et sur une grande superficie, elles peuvent influencer considérablement sur le climat planétaire. Même si leurs effets généraux sont encore hypothétiques, l'on sait que les changements régionaux de répartition de la glace ont eu des effets importants sur le climat des zones côtières adjacentes, ainsi que sur les pêcheries locales. La première figure montre la répartition moyenne en mars de la glace, au large du Labrador et de Terre-Neuve, de 1963 à 1978. Le contour de 0,5 représente la limite de la région couverte pendant au moins la moitié de la période. Cette région est représentative des conditions moyennes du Labrador et de

Terre-Neuve. On peut aussi voir les minima et maxima, pour mars, indiqués par les lignes de 1,0 et de 0,1. Pendant l'été, la région en question est complètement débarrassée de glaces. On peut croire que les variations de la couverture de glace, qu'elles soient saisonnières ou annuelles, influent sur le climat local et, inversement, sont influencées par les variations climatiques à grande échelle.

La deuxième figure illustre le lien entre l'atmosphère, la glace et l'océan. Au haut, on aperçoit une série chronologique d'écarts de la moyenne, c'est-à-dire des cas exceptionnels, de la couverture de glace au large de Terre-Neuve et du Labrador, en mars, de 1963 à 1978. Au-dessous, on voit la représentation de la moyenne des températures anormales de l'eau, en mars, pour les 200 mètres supérieurs de la station 27, juste au large de Saint-Jean (Terre-



Les anomalies de mars (en haut), correspondant à la superficie couverte de glace dans la région indiquée à la première figure. Les anomalies correspondantes de la température de la colonne d'eau, de la température de l'air et des vents géostrophiques d'ouest illustrent bien les liens entre l'atmosphère, la glace et l'océan.

Neuve) (voir la première figure), et la valeur moyenne des anomalies de température et de vitesse du vent d'ouest, aux environs de Battle Harbour (Labrador) (voir la première figure). On remarque des similitudes frappantes entre chacune des quatre séries illustrées dans la deuxième figure. Les températures anormalement élevées sont reliées à une couverture inhabituellement faible, et vice-versa. Les températures de l'air et de l'eau varient ensemble, malgré leur séparation et le fait que la température de l'eau soit une valeur moyenne des 200 mètres supérieurs. La variation de la glace, par rapport aux températures de l'air et de l'eau, est évidente; par contre, son lien avec le vent d'ouest nécessite quelques explications. D'abord, le vent d'ouest souffle de l'air froid, provenant de l'intérieur des terres, sur la mer du Labrador; cela explique le rapport inverse avec la température de l'air,

illustré par la seconde figure. Ensuite, la conjugaison de la vitesse accrue du vent et des basses températures fait augmenter l'échange de chaleur air-mer et baisser la température de l'eau, ce qui favorise la formation de glace. Enfin, le vent d'ouest déplace la glace vers le large (à environ 30° à droite de sa trajectoire), faisant augmenter la surface glacée au large et ouvrant près des côtes des espaces où d'autre glace pourra se former.

En plus d'avoir des incidences locales importantes, on sait que la variabilité illustrée dans la deuxième figure se manifeste à une échelle beaucoup plus grande. À bord du navire météorologique *Bravo*, au centre de la mer du Labrador, on a observé le même signal de température et de salinité (Lazier, 1980), ce qui prouve une variabilité dont l'effet englobe aussi la mer du Labrador. Selon des indices relevés dans d'autres ouvrages, la variabilité

illustrée dans la deuxième figure pourrait être reliée à des fluctuations importantes de la circulation atmosphérique touchant le Groenland et le nord de l'Europe (Dickson *et al.*, 1975). On a relié des quantités anormalement élevées de glace dans les mers de Norvège et du Groenland à une intensification de la cellule de haute pression, centrée sur le Groenland, et à une augmentation connexe du vent du nord. Il est intéressant de souligner que les années de glace abondante dans les mers de Norvège et du Groenland correspondent normalement à de faibles concentrations de glaces dans la baie Baffin et le détroit de Davis. De plus, après de nombreuses observations, on sait que les températures hivernales ont tendance à être basses en Europe septentrionale lorsqu'elles sont élevées au Groenland et dans l'Arctique canadien, et vice-versa (Van Loon et Rogers, 1978). Ce scénario a été relié à des anomalies bien connues de pression qui touchent la majeure partie de l'hémisphère Nord.

Le gros problème consiste à déterminer la cause et l'effet. L'exposé qui précède illustre le lien et l'effet bilatéral qui existent entre l'atmosphère, la glace et l'océan; cependant, il n'indique pas ce qui est le processus moteur de cette relation ni en quoi consistent les résultats ou les réactions à ce processus. Or, il est nécessaire de comprendre ces mécanismes avant de prévoir les variations locales et générales du climat et les moyens de modifier ce climat. La détermination et l'étude de ces mécanismes sont l'objet de recherches continues au Laboratoire océanographique de l'Atlantique.

Ouvrages de référence

- DICKSON, R.R., LAMB, H.H., MALMBERG, S.A., and COLEBROOK, J.M. 1975. Climate reversals in the northern Atlantic. *Nature* 256: 479-482.
- LAZIER, J.R.N. 1980. Oceanographic conditions at Ocean Weather Ship BRAVO, 1964-1974. *Atmosphere-Ocean* 18: 227-238.
- VAN LOON, H. and ROGERS, J.C. 1978. The seesaw in winter temperatures between Greenland and northern Europe. Part I: General description. *Monthly Weather Review* 106: 296-310.
- WALSH, J.E. and JOHNSON, C.M. 1979. An analysis of Arctic Sea ice fluctuations, 1953-1977. *Journal of Physical Oceanography* 9: 580-591.

Les changements climatiques et l'exploration de l'Arctique canadien par mer

A.J. Kerr et K. MacDonald

D'après les informations recueillies depuis les premiers voyages d'exploration dans l'Arctique canadien, il y a de cela mille ans, il semble que la géographie complexe de la région est tout aussi responsable des mouvements de la glace de mer que les changements climatiques. Cela ne veut pas dire que les recherches sur le climat ne sont pas essentielles à l'établissement de voies de transport maritime économiques, comme l'ont démontré les Soviétiques qui effectuent de tels travaux dans la mer du Nord depuis cinquante ans.

Une bonne partie des premiers voyages d'exploration dans l'Arctique canadien ont été effectués par mer et, bien que les aéronefs aient maintenant remplacé les bateaux et les traîneaux à chiens, il est important pour le Canada que les navires puissent se déplacer librement dans les eaux arctiques. De toute évidence, la glace de mer nuit plus au trafic maritime dans les régions polaires que le mauvais temps et même les icebergs. Dans une certaine mesure, la couverture de glace de mer subit l'influence des tendances climatiques annuelles et à long terme. Il nous faut donc comprendre de quelle façon la variabilité de la couverture de glace de mer a influé, par le passé, sur la navigation dans l'Arctique et déterminer son influence future.

Actuellement, nous nous intéressons à l'exportation éventuelle de grandes quantités de pétrole et de gaz naturel produits dans l'Arctique; déjà, on effectue le transport du minerai extrait de mines situées bien au-delà du cercle polaire. Les voyages épiques du super-pétrolier *Manhattan*, qui a franchi le passage du Nord-Ouest en 1969, et du navire soviétique *Arktika*, qui s'est rendu au pôle Nord en 1977, montrent bien que de très gros bateaux peuvent circuler dans l'Arctique, dans des eaux infestées de glace, peu importe la saison. Toutefois, on n'a pas encore établi toutes les incidences environnementales de la circulation maritime dans cette région, ni mis la dernière main à la conception des navires. À cet égard, nous devons non seulement trouver réponse aux questions actuelles mais également prévoir l'avenir, lorsque les conditions climatiques seront peut-être différentes. Notamment, nous devons essayer de prévoir la présence de glace et déterminer les difficultés accrues posées

par celle-ci pour l'exploitation et l'exportation des hydrocarbures.

Est-il possible d'établir des rapports entre les changements climatiques passés et l'histoire de la navigation dans l'Arctique? Dès 330 avant J.-C., Pypheus, un navigateur et astronome grec, a pris la mer en bateau à voiles près de l'actuelle Marseille, s'est rendu dans l'Atlantique et s'est ensuite dirigé vers le nord jusqu'à un océan gelé, où il a mis fin à son voyage d'exploration. Pypheus a effectué son voyage pendant une période de dégradation climatique; le temps était alors humide et froid. Toutefois, comme personne, pas même Pypheus, ne sait où

les glaces ont stoppé le bateau, nous pouvons tout simplement affirmer qu'il s'agit du premier voyage connu dans l'Arctique. Par ailleurs, nous savons que la période entre 950 et 1200 après J.-C. fut relativement chaude et que cette situation a, de toute évidence, eu une influence très importante sur les voyages vers l'Islande et le Groenland et, par la suite, dans l'Arctique canadien. C'est durant cette période que les courageux marins que furent les Vikings ont découvert l'Islande, se sont rendus au sud et au sud-ouest du Groenland et sont finalement parvenus, après avoir franchi la région nord-ouest de l'Atlantique, à l'île Baffin et sur la côte du Labrador et qu'ils ont fondé au moins une colonie à Terre-Neuve. Comme le racontent les sagas et le prouvent les vestiges archéologiques, nous savons qu'à cette époque, le sud-ouest du Groenland était fertile et qu'il s'y trouvait de nombreuses fermes. Fait encore plus important pour nous, des échanges commerciaux réguliers avaient lieu entre le Groenland et la Norvège, mais plus tard, la présence de glace de mer autour de l'Islande a mis un terme à ce commerce. Pendant cette période, c'est-à-dire lorsque les aventuriers nordiques se rendaient sans encombre sur les côtes nord-est de l'Amérique du Nord, la glace de mer devait



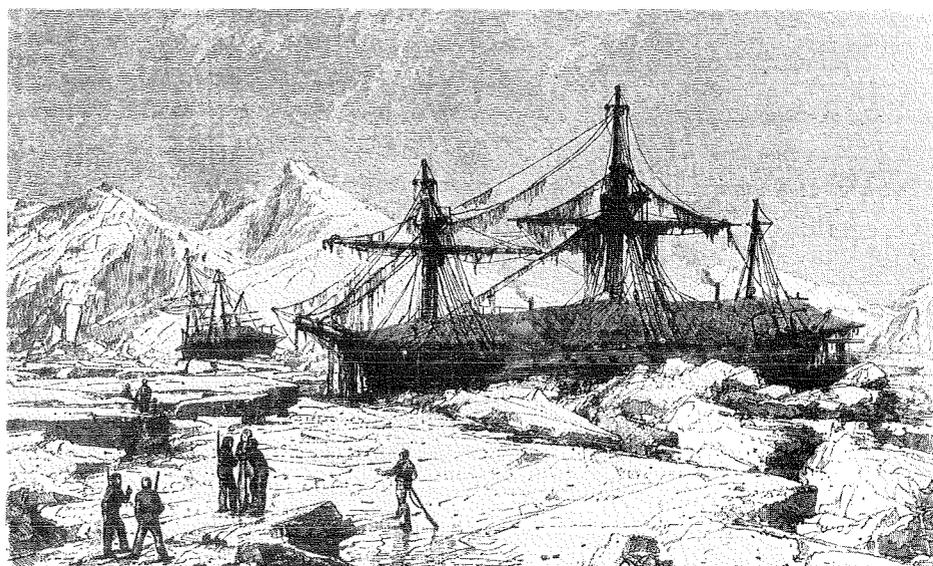
Adam Kerr and Kirk MacDonald

KELLY BENTHAM

s'être retirée jusqu'au nord de la baie Baffin.

À partir de l'an 1200, le climat dans l'hémisphère Nord s'est graduellement détérioré, jusqu'à ce qu'on a appelé la «petite ère glaciaire», de 1650 à 1750. L'augmentation de la glace de mer dans l'Atlantique nord, notamment autour du Groenland et de l'Islande, a entraîné l'abandon des voies de navigation entre le Groenland et l'Europe, du début du quinzième siècle et les années 1720 à la disparition des colonies nordiques. À la fin du seizième siècle, la glace de mer autour de l'Islande était particulièrement abondante. Toutefois, alors que la période de froid était à son pire (1576-1578), Martin Frobisher, un navigateur élisabéthain, s'est rendu dans la baie qui porte son nom, au sud de l'île Baffin. John Davis, un autre marin de la même époque, s'est rendu au nord du 70° de latitude, dans la baie Baffin, en 1587. Il a longé la côte ouest du Groenland et a ensuite traversé la baie Baffin, en direction ouest; ce trajet nous indique que l'abominable «banquise du milieu», zone couverte d'une épaisse banquise dans le secteur nord de la baie, bien connue des navigateurs qui ont suivi Davis, lui a barré la route vers le nord. En 1616, Henry Baffin a effectué un remarquable voyage d'exploration de la baie qui porte son nom; seul John Ross a effectué un voyage semblable, deux siècles plus tard. Ainsi, au plus fort de la petite ère glaciaire, des Européens, à bord de bateaux à voiles, ont pénétré pour la première fois dans cet archipel oriental.

Pendant la deuxième moitié de la petite ère glaciaire, aucun voyage d'exploration important n'a été effectué dans l'Arctique canadien; cependant, il semble que les glaces n'ont pas posé de problème lors des quatre voyages effectués dans la baie d'Hudson pendant cette période. À la fin du dix-huitième siècle, des fluctuations considérables de température ont été observées dans le nord de l'Europe; de plus, la première moitié du dix-neuvième siècle a été relativement froide. Cette période est importante en ce qui concerne l'exploration de l'Arctique; en effet, à ce moment, la marine britannique a commencé à manifester beaucoup d'intérêt pour cette région du globe. En 1818, John Ross a effectué un important voyage dans le nord de la baie Baffin. Des officiers qui allaient devenir célèbres faisaient partie de l'expédition: Edward Parry, John Franklin,



Cette gravure montre les navires d'Edward Parry, l'Hecla et le Fury, hivernant à l'île Winter, en 1819-1820 (Tiré de : Adams, W.H.D., 1976. (*The Arctic World : Its Plants, Animals, and Natural Phenomena with a Historical Sketch of Arctic discovery down to the British Polar Expedition, 1875-1876.* London: T. Nelson & Sons.)

George Back, Edward Sabine et James Clark Ross. Ross n'a pas reconnu l'entrée du détroit de Lancaster; son second, Edward Parry, a effectué, un an plus tard, un voyage des plus remarquables dans l'Arctique: il a suivi le chenal Parry jusqu'à Winter Harbour, dans l'île Melville. La réussite de cette entreprise montre que les températures, du moins celles enregistrées dans le nord de l'Europe, ne sont pas nécessairement synonymes d'une épaisse couverture de glace dans les chenaux entre les îles de l'Arctique canadien. Peu après Parry, Franklin a entrepris son désastreux voyage; il convient également de mentionner les nombreuses expéditions parties à la recherche de Franklin. Nous savons maintenant que les navires de Franklin ont été emprisonnés par la glace dans le détroit de Peel, mais que ce ne sont pas des conditions climatiques ou des glaces inhabituelles qui sont en cause. D'importantes accumulations de glace dans le chenal Parry tendent à s'embrancher dans les chenaux orientés vers le sud; elles viennent parfois à former des masses compactes et même à empêcher le passage des brise-glace modernes.

Le nord de l'Europe a connu une autre vague de froid durant les dernières décennies du dix-neuvième siècle et la première du siècle suivant. La réussite du premier voyage d'Amundsen à travers le passage du Nord-Ouest, effectué dans un petit bateau à voiles, le *Gjoa*, entre 1903 et

1906, est peut-être attribuable à la grande persévérance d'Amundsen et à son habileté à éviter les glaces. En 1910-1911, pour Joseph Bernier à bord de *l'Arctic*, la situation n'était sûrement pas facile: il a rencontré d'épaisses banquises dans le détroit de Barrow et, bien qu'il ait réussi à se rendre au sud-ouest de l'île Melville, il a constaté, comme presque tous les autres explorateurs qui l'ont précédé et qui l'ont suivi, que le détroit de McClure était impénétrable.

L'hémisphère nord a connu des températures exceptionnellement chaudes, en été, entre les années 20 et 40; cette période est peut-être la plus chaude depuis l'ère des explorateurs nordiques. Certains attribuent les changements climatiques d'alors aux voyages dans l'Arctique effectués par le *St. Roch* de la GRC; on peut cependant mettre en doute une telle affirmation. En effet, le réchauffement s'est ralenti au cours des années 50, période marquée par un trafic maritime considérable dans l'Arctique, notamment à cause de l'établissement du réseau avancé de pré-alerte. Le réchauffement a probablement aidé, mais c'est l'utilisation de brise-glace puissants qui a assuré la réussite de l'entreprise. Les voyages du *Manhattan*, notamment la traversée du passage du Nord-Ouest en 1969, ont permis de vérifier l'importance d'avoir recours à la masse des brise-glace pour rompre la glace dans les chenaux engorgés. On s'est rendu compte que de très gros



ROGER BELANGER

Le nsc Hudson évolue à travers les glaces dans le détroit du Vicomte-Melville pendant son voyage autour des Amériques en 1970.

bateaux, bien renforcés et munis de puissants moteurs, pouvaient se frayer un chemin dans presque toutes les glaces. Néanmoins, le *Manhattan*, même avec l'aide du *John A. MacDonal*d et du *Louis St. Laurent*, les plus gros brise-glace canadiens, n'a pu briser la glace polaire de plusieurs années du détroit de M'Clure.

Au cours des dix dernières années, malgré une ou deux années où les conditions des glaces ont été particulièrement difficiles, notamment à l'été 1972, quelques yachts et des paquebots ont franchi le passage du Nord-Ouest. Il convient de souligner le caractère remarquable de ces voyages, compte tenu de la diminution apparente des températures moyennes au cours de cette période. Par ailleurs, les services de reconnaissance détaillée des glaces et les prévisions à court terme (quelques jours) ont sûrement contribué à la réussite de ces

expéditions dans l'Arctique.

Mises à part les grandes tendances climatiques, des phénomènes géographiques complexes et la variation de la température en hiver semblent influencer sur les conditions des glaces. On connaît bien la répartition globale de la glace en été, mais il est souvent difficile de prévoir les mouvements à court terme.

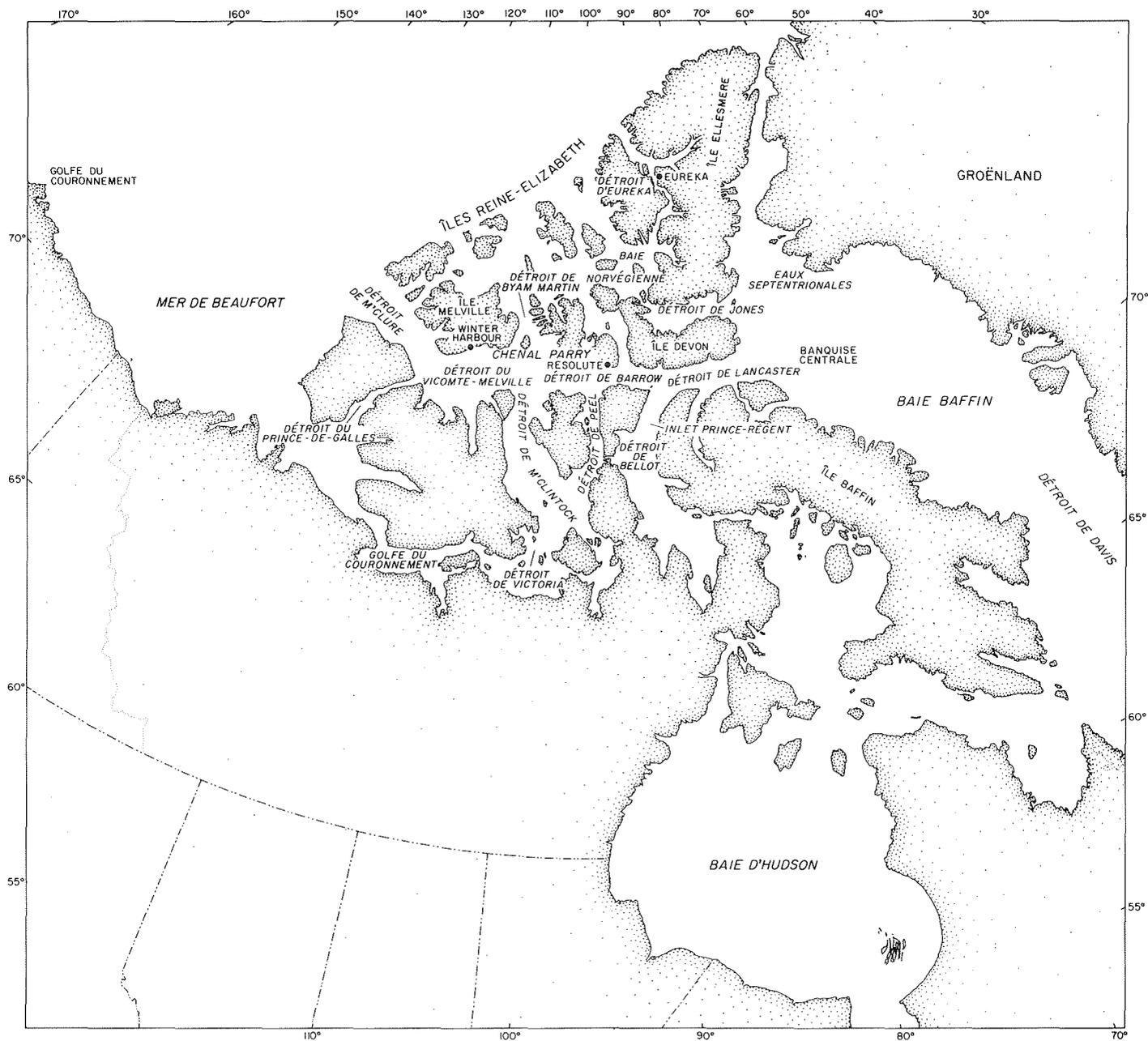
Dans la baie Baffin, une langue d'eau libre s'étend le long de la côte ouest du Groenland et, en été, rejoint la zone d'eau libre du nord, au nord de la baie, la plus importante polynie de l'Arctique canadien. Du côté ouest de la baie, la glace tend à s'accumuler pour former la «banquise du milieu», zone qui s'est avérée extrêmement dangereuse pour les baleiniers du siècle dernier. Dans le détroit de Lancaster, durant l'été, les eaux libres s'étendent vers l'ouest, depuis la zone d'eau libre du nord jusqu'au détroit de Barrow. Au nord de l'île Devon, en été, les eaux libres s'étendent jusqu'au détroit de Jones et, la plupart des étés, se rendent jusqu'à l'ouest de l'île Ellesmere, de l'autre côté de la baie Norvégienne et jusqu'au détroit d'Eureka.

Au nord et à l'ouest, on trouve les îles Reine-Elisabeth, où la glace ne se brise presque jamais en été et où les chenaux sont habituellement inaccessibles, même pour les brise-glace modernes. Parce que relativement facile d'accès par l'extrémité ouest du détroit de Lancaster, *Resolute* est devenu un important centre d'expédition; par ailleurs, *Eureka* est le poste le plus au nord régulièrement desservi par les brise-glace de la Garde côtière. Contrairement à la côte du Groenland, où l'on trouve des ports bien aménagés et même des villes, la côte de l'île Baffin est dangereuse et fréquemment emprisonnée par les glaces. Pour se rendre vers l'ouest, dans la mer de Beaufort, à partir de *Resolute*, deux choix s'offrent au navigateur: aller en direction ouest, en passant par le détroit du Vicomte-Melville et le détroit du Prince-de-Galles ou bien se diriger vers le sud, en passant par l'inlet Prince-Régent ou le détroit de Peel et de là, passer par le détroit de Victoria et le golfe du Couronnement. À cause de la profondeur des eaux, la route la plus au nord est la seule que peuvent emprunter les super-pétroliers; toutefois, elle est envahie par des glaces épaisses de plusieurs années poussées vers le sud par le détroit de M'Clure. La route la plus au sud est habituellement plus facile, pour ce qui est de la glace, mais les eaux sont relativement peu profondes.

La présence de glace sur ces deux parcours n'est pas attribuable seulement aux changements climatiques, bien qu'un été anormalement froid aura sans doute pour effet de ralentir la débâcle. Si les températures sont normales tout au long de l'année, la glace de l'année dans le détroit du Vicomte-Melville se brisera et grâce aux courants qui se forment vers le sud, dans le chenal Byam Martin et le détroit de McDougall, les eaux seront libres le long du côté nord. C'est par là que Parry, Bernier et les explorateurs qui les ont suivis ont passé pour atteindre l'île Melville. Si l'été est plus chaud que la normale, la glace autour des îles Reine-Elisabeth et au nord de celles-ci se brisera et des glaces épaisses de plusieurs années descendront vers le sud et bloqueront le détroit du Vicomte-Melville. Une partie de ces glaces peut même dériver encore plus vers le sud, bloquer complètement le détroit de M'Clintock et rendre la navigation difficile, voire impossible, dans le détroit de Peel. Alors les bateaux dont le tirant d'eau est assez faible devront passer par l'inlet Prince-Régent et franchir ensuite le détroit de Bellot. Lorsqu'un été plus chaud que d'habitude est suivi d'un hiver froid pendant lequel la glace de plusieurs années se fixe solidement à la nouvelle glace dans le détroit du Vicomte-Melville, la situation est particulièrement grave.

La mer de Beaufort subit probablement l'influence directe des tendances climatiques, étant donné que des températures anormalement basses ont pour effet de repousser les limites de la banquise de l'Arctique. Point Barrow est le point stratégique pour les bateaux qui ne passent pas l'hiver au port; en effet, si la banquise arctique prend de l'ampleur et vient se fixer à Point Barrow, la mer de Beaufort peut se trouver complètement interdite d'accès. Cette situation est semblable à celle à laquelle les Soviétiques ont fait face, en 1983, sur la route septentrionale alors que de nombreux bateaux, y compris des brise-glace, ont été emprisonnés par la glace. En raison de la nécessité d'acquérir des connaissances sur les fluctuations climatiques le long de cette route, les Soviétiques ont entrepris, au cours des années 30, un important programme de recherche sur la glace de mer dans l'Arctique. De toute évidence, il reste encore beaucoup à apprendre.

Depuis la mise en oeuvre du Projet du plateau continental polaire, en 1958, le Canada cherche lui aussi à accroître ses

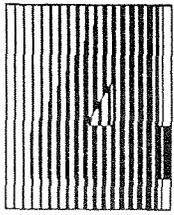


L'Arctique canadien avec les principaux endroits mentionnés dans le texte.

connaissances sur l'Arctique. Cependant, c'est la recherche de gisements de pétrole dans les îles de l'Arctique et la mer de Beaufort qui a provoqué un accroissement de l'intérêt à l'égard de la dynamique des glaces. Dans la pratique, il faut non

seulement étudier les glaces en fonction des besoins du transport mais également examiner diverses questions, par exemple la construction de plates-formes sur glace, sur lesquelles seraient aménagées des installations de forage. De toute évidence,

il faut tenir compte des tendances climatiques à long terme dans bon nombre des études et recherches, étant donné la grande importance de la question pour les futures entreprises canadiennes dans le Nord.



Rétroaction et effets sur les organismes vivants

Jusqu'à tout récemment, dans nos travaux sur les relations entre les organismes vivants et les changements climatiques, nous nous préoccupions exclusivement des conséquences éventuelles de la variabilité climatique sur le poisson et la faune. Mais la situation a changé; en effet, de plus en plus, nous-mêmes et d'autres groupes de recherche reconnaissons que, même pour des processus comme les échanges de bioxyde de carbone entre l'atmosphère et l'océan, nous ne pouvons plus considérer les océans simplement comme des systèmes physiques et chimiques.

Grâce à nos travaux sur les océans passés, nous savons maintenant que les plantes et les animaux marins jouent un rôle essentiel dans la façon dont les océans interviennent au niveau des changements climatiques. Les études dont il est question dans le présent chapitre traitent des incidences des changements climatiques océaniques sur les espèces animales de même que de l'influence des plantes marines sur les changements.

Le bioxyde de carbone et le cycle biologique de l'océan

A.R. Longhurst, W.G. Harrison et T. Platt

Il est possible que le plancton marin joue un rôle important dans le contrôle de la quantité de bioxyde de carbone dans l'atmosphère et, de ce fait, ait une influence sur «l'effet de serre»; toutefois, nos connaissances actuelles sur les processus de production des plantes marines ne nous permettent pas de déterminer l'ampleur du rôle joué par le plancton.

On se préoccupe, à l'échelon international, du fait que l'augmentation du bioxyde de carbone dans l'atmosphère pourrait entraîner des changements climatiques mondiaux importants au cours du siècle prochain; ces inquiétudes se fondent sur le fait que la quantité de bioxyde de carbone dans l'atmosphère a augmenté d'environ 20 % au cours des 120 dernières années. Toutefois, les scientifiques ne s'entendent pas sur les causes de ce phénomène; le bilan global du bioxyde de carbone comporte encore de nombreuses incertitudes, notamment en ce

qui a trait au rôle joué par l'océan en tant que déversoir pour le bioxyde de carbone atmosphérique (p. ex. Hobbie *et al.*, 1984; Walsh, 1984).

Tout récemment, une analyse de l'air emprisonné dans la glace des glaciers du Groenland a donné des résultats surprenants: les concentrations de bioxyde de carbone atmosphérique auraient doublé (ou diminué de moitié) sur une période d'une centaine d'années il y a 30 à 40 000 ans (Oeschger *et al.*, 1983). Il est difficile de voir comment des changements aussi rapides, qui ont certainement entraîné des

modifications climatiques, pourraient être causés par les mécanismes que nous croyons maintenant comprendre: il s'est sûrement produit des échanges rétroactifs, résultant de phénomènes autres que des processus physiques simples, entre la couche supérieure de l'océan et l'atmosphère. À ce sujet, citons la production possible de matières végétales par photosynthèse du phytoplancton dans la zone éclairée de l'océan, phénomène par lequel une «pompe biologique» effectue le transfert du bioxyde de carbone depuis la couche supérieure jusqu'aux sédiments des grands fonds océaniques où se déposent les matières végétales décomposées ou non. L'analyse de ce mécanisme soulève une série de problèmes beaucoup plus importants concernant le cycle biochimique global non seulement du carbone, mais aussi de l'azote, du phosphore et de l'oxygène.

Malheureusement, nos connaissances sur le sujet ne sont pas suffisantes et il semble même qu'elles soient encore plus minces que nous le pensions. Pour comprendre le cycle biogéochimique d'un

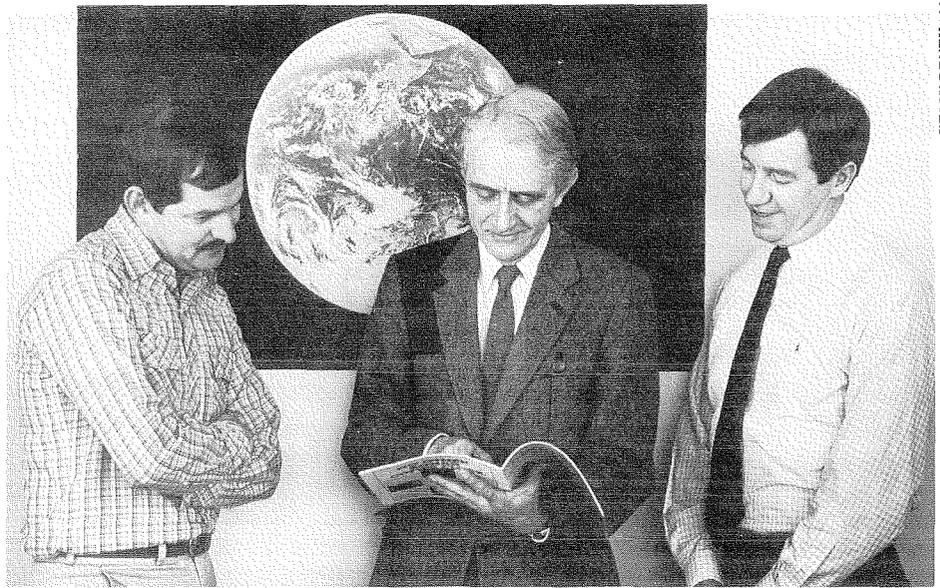
élément, il faut savoir en quelle quantité il se trouve, comment il se répartit entre ses diverses formes (lien organique, ion, gaz, etc.) et connaître les taux de changement entre les diverses formes.

La photosynthèse est l'un des plus importants processus géochimiques auxquels le carbone est associé; la photosynthèse entraîne la transformation du bioxyde de carbone en carbohydrate et le dégagement d'oxygène moléculaire. Les scientifiques ne s'accordent généralement pas entre eux sur la fréquence de ce phénomène dans l'océan. À ce sujet, au Laboratoire d'écologie marine, on effectue des recherches pour mieux comprendre le climat mondial et les problèmes posés par «l'effet de serre».

Par le passé (voir tableau dans Platt et Subba Rao, 1975), on croyait que le taux moyen de photosynthèse par le phytoplancton en pleine mer variait de 50 à 100 g de carbone $m^{-2} a^{-1}$; cette valeur a été calculée à partir des résultats de diverses expériences où du bioxyde de carbone était marqué par radioactivité. Vers la fin des années soixante-dix, des scientifiques ont commencé à mettre en doute ces chiffres (voir Kerr, 1983); actuellement, certains chercheurs sont d'avis que la production annuelle de bioxyde de carbone par photosynthèse dans l'océan pourrait être cinq fois, et même dix fois plus élevée. Si ces nouvelles données sont exactes, elles sont d'une importance considérable pour la compréhension de «l'effet de serre».

Pour appuyer cette hypothèse, on se fonde sur l'accumulation de l'oxygène, en été, sous la pycnocline (Shulenberg et Reid, 1981). La photosynthèse produit de l'oxygène; toutefois, rappelons que la quantité d'oxygène dans la couche superficielle de l'océan s'ajuste par des échanges avec l'atmosphère. La pycnocline empêche la diffusion dans l'atmosphère de l'oxygène se trouvant sous la couche de mélange; ainsi, il existe une couche sous-marine du maximum d'oxygène qui correspond à la production primaire cumulative depuis la formation de la pycnocline.

On a fait des comparaisons, dans le tourbillon central du Pacifique Nord, entre la technique de l'accumulation d'oxygène et celle de la fixation instantanée du bioxyde de carbone mesuré au moyen du ^{14}C au niveau de la couche sous-marine du maximum d'oxygène. Malheureusement, les deux méthodes mesurent les processus à des échelles temporelles et spatiales très



KELLY BENTHAM

Glen Harrison, Alan Longhurst et Trevor Platt

différentes (Platt *et al.*, 1984). Avec la méthode au ^{14}C , on prend des mesures de la photosynthèse à une profondeur donnée pendant la durée de l'expérience (pas plus de 24 h). Avec la méthode dite de l'accumulation d'oxygène, l'échelle temporelle intrinsèque est d'environ 100 jours et l'échelle spatiale correspondante est d'environ 1×10^6 m.

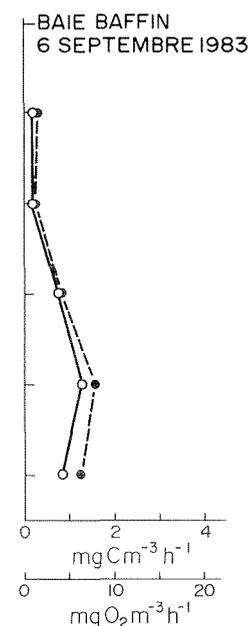
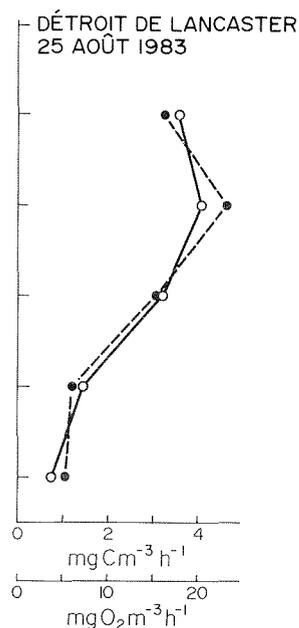
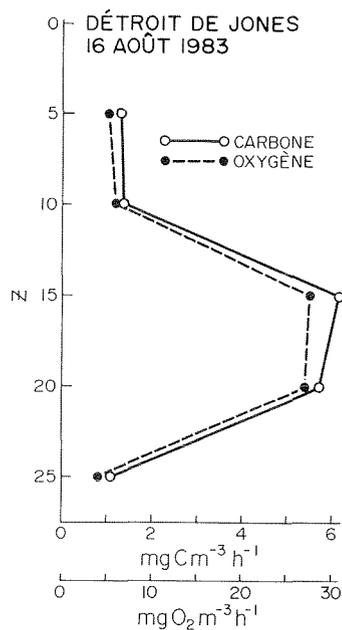
Platt (1984) a examiné d'autres problèmes possibles posés par les différences entre les deux méthodes. Parmi les plus importants, mentionnons la variabilité de l'échantillonnage pour les mesures faites au ^{14}C . Lorsque l'amplitude de la couche sous-marine du maximum d'oxygène ne varie que peu, on constate que le supposé écart entre les flux d'oxygène et de carbone n'est plus aussi certain.

Dernièrement, une autre étude sur les problèmes de production en pleine mer a été effectuée par Williams (Williams *et al.*, 1983); celui-ci a comparé indépendamment l'évolution de l'oxygène et la fixation du bioxyde de carbone dans un même échantillon. Dans cette étude, les échelles temporelles des deux méthodes s'apparentaient bien mieux et les résultats étaient similaires. Néanmoins, le fait de supposer que la similitude apparente entre les flux d'oxygène et de carbone à court terme prouve l'exactitude des résultats n'est peut-être qu'une simplification excessive d'un problème complexe (Smith *et al.*, 1984).

Étant donné que des échanges gazeux se produisent entre la couche superficielle de l'océan et l'atmosphère, on a suggéré que

l'augmentation de l'anhydride carbonique dans l'atmosphère résultant de l'activité humaine, phénomène qui a suscité beaucoup d'intérêt chez les observateurs du climat mondial, aura pour effet de modifier le cycle du carbone dans l'océan, notamment la portion du cycle associée à la photosynthèse (p. ex. Holm-Hansen, 1982). Toutefois, il semble que, dans l'océan, la photosynthèse s'effectue peu importe la quantité de carbone disponible. D'autres éléments essentiels, notamment l'azote, se trouvent en quantités beaucoup plus petites que le carbone et seraient davantage susceptibles d'imposer des limites à la photosynthèse.

En fait, le niveau absolu de productivité primaire dans l'océan est, croit-on, limité par la quantité d'azote provenant de l'abysses. C'est ce qu'on appelle la «nouvelle» production, par comparaison à la production maintenue grâce au recyclage biologique de l'azote organique dans la couche supérieure de l'océan ou production «régénérée» (Dugdale et Goering, 1967). Les tentatives pour mesurer la production «nouvelle» et celle «régénérée» à l'aide de traceurs-azote font l'objet de critiques similaires à celles formulées au sujet des mesures faites au moyen du ^{14}C (p. ex. Harrison, 1983); il reste encore beaucoup à apprendre sur le cycle biochimique de l'azote et sur ses répercussions sur la production primaire (Harrison, 1982). Malgré tout, nous pensons que l'augmentation des atomes de carbone à la surface de l'océan ou dans l'atmosphère n'aura aucun effet direct sur le cycle de production biologique, à moins



Taux de production primaire pendant le début et le déclin d'une «poussée» phytoplanctonique dans le détroit de Jones, dans l'est de l'Arctique canadien. On voit également les taux de productivité d'oxygène et de carbone.

d'un accroissement approprié des atomes d'azote disponibles.

Selon certains, le flux d'azote provenant de l'abyss («nouvelle» production) doit être contre balancé par un flux de carbone émanant des particules organiques de la couche superficielle qui sédimentent (Eppley et Peterson, 1979). On s'est donc beaucoup intéressé aux résultats des travaux dans le cadre desquels on utilisait des «pièges» pour recueillir les particules organiques qui se déposent. Les résultats montrent (p. ex. Billet *et al.*, 1983) que le taux de sédimentation (et, du même coup, le taux de photosynthèse) n'est pas du tout constant, comme on le croyait par le passé.

Dans l'océan, la production, tout comme de nombreux autres phénomènes, se caractérise par son intermittence. Il nous sera impossible de brosser un tableau complet de la productivité des océans tant que nous n'aurons pas décrit et compris à fond cette caractéristique. Le tableau actuel, produit à partir d'extrapolations de mesures isolées faites sans tenir compte de l'intermittence, est loin d'être exact. Il se pourrait que la méthode la plus efficace pour surveiller la productivité des océans consiste à créer un réseau mondial de pièges à sédiments.

De nouvelles mesures de la photosynthèse effectuées dans certaines des zones les plus isolées des océans ont eu

pour effet d'ébranler les vieux principes qui s'appuyaient sur de rares données. C'est sans doute vrai pour l'Arctique (Subba Rao et Platt, sous presse), où nous pensons actuellement que la production primaire annuelle est de beaucoup supérieure à ce que l'on croyait qu'elle était il y a dix ans. Au cours d'un voyage dans le détroit de Jones, dans l'Arctique canadien, effectué sur le n.s.c. *Hudson* en août 1983, nous avons effectué des mesures et constaté que, dans l'Arctique, la production primaire d'une seule journée était supérieure à ce qu'on croyait être la production primaire de toute une année (voir figure). Cela s'explique en grande partie du fait que la production dans l'Arctique est très saisonnière; si l'on ne tient pas compte de ce fait, on risque de graves erreurs.

On arrive à la même conclusion si l'on examine les cycles de l'azote; l'an dernier, Jennings et ses collègues ont effectué des travaux à ce sujet dans l'Antarctique. Ils ont calculé, d'après la diminution saisonnière des nitrates, un taux de production primaire quatre fois plus élevé que celui déterminé au moyen des expériences basées sur la méthode au ¹⁴C. Selon eux, l'écart est attribuable non pas à la méthode elle-même mais plutôt aux difficultés posées par l'extrapolation des résultats, sur des échelles temporelles et spatiales, dans

un système où les phénomènes sont intermittents.

Ainsi, nos connaissances actuelles sur le cycle du bioxyde de carbone dans l'océan, qui est peut-être étroitement lié au cycle de ce composé dans l'atmosphère et, par conséquent, aux changements climatiques, nous poussent à reconnaître que la production végétale dans l'océan est plus importante qu'on le croyait. Toutefois, il est encore difficile de prévoir les incidences de ces nouvelles connaissances, à l'acquisition desquelles divers projets de recherche du Laboratoire d'écologie marine ont grandement contribué ces dernières années. Il est remarquable de constater que, après tant d'années d'études, nous ne sommes pas encore en mesure d'établir un bilan global simple pour le cycle du bioxyde de carbone qui tient compte, de manière satisfaisante, des processus biologiques qui se déroulent dans l'océan. Avec l'augmentation inexorable du bioxyde de carbone et des autres gaz responsables de «l'effet de serre» dans l'atmosphère, observée par les stations de surveillance, les océanographes biologistes seront davantage poussés à élaborer des programmes internationaux ayant pour but de régler le problème. En fait, le Comité des changements climatiques océaniques (CRSO et OMM) travaille actuellement à

de tels programmes et le Laboratoire d'écologie marine prévoit de continuer à participer activement aux travaux au cours des prochaines années.

Ouvrages de référence

BILLET, D.S.M., LAMPITT, R.S., RICE, A.L., and MANTOURA, R.F.C. 1983. Seasonal sedimentation of phytoplankton to the deep-sea benthos. *Nature* 302: 520-522.

DUGDALE, R.C. and GOERING, J.J. 1967. Uptake of new and regenerated forms of nitrogen in primary productivity. *Limnology and Oceanography* 12: 196-206.

EPPLEY, R.W. and PETERSON, B.J. 1979. Particulate organic matter flux and planktonic new production in the deep ocean. *Nature* 282: 677-680.

HARRISON, W.G. 1982. Nitrogen nutrition of marine phytoplankton: open question. In *BIO Review* '82; Ed. M.P. Latremouille, Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, Nova Scotia: 25-28.

HOBBIE, J., COLE, J., DUNGAN, J., HOUGHTON, R.A., and PETERSON, B. 1984. Role of biota in global CO₂ balance: The controversy. *BioScience* 34: 492-498.

HOLM-HANSEN, O. 1982. Effect of increased CO₂ on ocean biota. In *Environmental and Societal Consequences of a Possible CO₂-Induced Climate Change*: Office of Energy Research, Washington, D.C. Vol. II: 1-22.

JENNINGS, J.C., JR, GORDON, L.I., and NELSON, D.M. 1984. Nutrient depletion indicates high primary productivity in the Weddell Sea. *Nature* 309: 51-54.

KERR, S.R. 1983. Are the ocean's deserts blooming? *Science* 220: 397-398.

OESCHGER, H. *et alia*. 1983. Non-anthropogenic changes in atmospheric CO₂. In *Summary Report, Committee on Climatic Changes and the Ocean*. UNESCO: 23-25.

PLATT, T. and SUBBA RAO, D.V. 1975. Primary production of marine microphytes. *Photosynthesis and productivity in different environments* 3: 249-280.

PLATT, T., LEWIS, M.R., and GEIDER, R. 1984. Thermodynamics of the pelagic ecosystem:

Elementary closure conditions for biological production in the open ocean. In *Flows of Energy and Materials in Marine Ecosystems: Theory and Practice*; Ed. M.J. Fasham. Plenum Press, London: 49-84.

PLATT, T. In press. Primary Productivity in the Central North Pacific: Comparison of oxygen and carbon fluxes.

SHULENBERGER, E. and REID, J.L. 1981. The Pacific shallow oxygen maximum, deep chlorophyll maximum, and primary productivity reconsidered. *Deep-Sea Research* 28A: 901-919.

SMITH, R.E.H., GEIDER, R.J., and PLATT, T. In press. Microplankton productivity in the oligotrophic ocean.

SUBBA RAO, D.V. and PLATT, T. In press. Primary Production of Arctic Waters. In *Polar Biology*.

WALSH, J.J. 1984. The role of ocean biota in accelerated ecological cycles: A temporal view. *BioScience*.

WILLIAMS, P.J. LEB., HEINEMANN, K.R., MARRA, J., and PURDIE, D.A. 1983.

Phytoplankton production in oligotrophic waters: Measurements by the ¹⁴C and oxygen techniques. *Nature* 305: 49-50.

Climat, ruissellement d'eau douce et pêche

K.F. Drinkwater

Les effets du ruissellement d'eau douce sur les caractéristiques physiques des eaux des plateaux continentaux de l'est du Canada se font sentir jusqu'à des milliers de kilomètres des embouchures des cours d'eau qui se jettent dans la mer. Ce ruissellement peut également influencer sur le taux de survie de certaines espèces de poissons, à des stades critiques de leur vie. On peut donc déduire qu'il existe un lien entre la quantité de poissons disponibles et l'eau douce déversée dans la mer; on touche ci-dessous à des exemples du golfe du Saint-Laurent, du golfe du Maine et du plateau du Labrador.

Les populations de poissons marins réagissent aux changements qui touchent le climat océanique. Et ces réactions peuvent être très graves, comme dans le cas des prises d'anchois au large des côtes du Pérou, qui ont diminué par un facteur de 10, par suite de l'interruption du mouvement de remontée des eaux causée par *el Niño* en 1972; ou celui où les prises de morues ont triplé, au large du Groenland, conséquemment au réchauffement des années 50. Les changements climatiques peuvent engendrer des modifications de la répartition géographique de certaines espèces, par exemple l'alternance du hareng de la mer du Nord entre les côtes de la Norvège et de la Suède, respectivement, pendant les périodes chaudes et froides. L'influence du milieu sur les populations

de poissons, de mollusques et de crustacés dans le nord-est de l'Atlantique a fait l'objet de plusieurs recherches (ICNAF, 1965) qui ont surtout tenu compte, comme facteur climatique dominant, des températures marines. Ainsi, pendant les années anormalement froides, les prises de morues sur le banc de Georges augmentent (Martin and Kohler, 1965), tandis que les prises de homards dans le golfe du Maine diminuent (Dow, 1969; Flowers and Salla, 1972). Pendant la dernière décennie, les scientifiques du Laboratoire d'écologie marine ont étudié l'influence du ruissellement d'eau douce sur les principales espèces commerciales capturées au large de la côte est du Canada. Nous présentons dans cet article quelques-unes des grandes conclusions tirées de ces recherches.



Ken Drinkwater

Dans une étude portant sur une petite baie de la côte de la Nouvelle-Écosse, Sutcliffe (1972) a observé un lien direct entre les variations du ruissellement local d'eau douce et la production primaire. Faute de statistiques valables sur cette baie, qui auraient permis l'examen des rapports à long terme, il porta son attention sur le golfe du Saint-Laurent. En effet, pour cette région, il existe des données sur de longues séries chronologiques et le ruissellement est très important. À lui seul, le réseau du fleuve Saint-Laurent déverse 424 km³ d'eau douce par année, soit davantage que le total de l'eau douce de ruissellement

KELLY BENTHAM

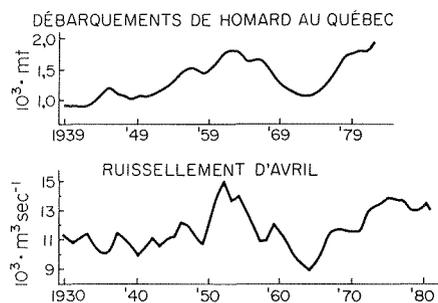
produite sur la côte est des États-Unis (353 km³), depuis la frontière canadienne jusqu'à la pointe de la Floride (Sutcliffe *et al.*, 1976). L'influence du Saint-Laurent est reconnaissable tout au long du golfe du Saint-Laurent, jusqu'au plateau continental Scotian et même dans le golfe du Maine (Sutcliffe *et al.*, 1976). Les variations annuelles du débit d'eau douce ou de sa répartition saisonnière peuvent engendrer des effets mesurables sur la salinité ainsi que sur la stratification des eaux d'aval. Ainsi, les salinités des eaux de surface des hauts-fonds des îles de la Madeleine sont déterminées par le ruissellement de printemps du Saint-Laurent (Lauzier, 1957).

Sutcliffe (1972) a étudié le rapport entre la quantité de poissons et le débit du fleuve Saint-Laurent. Il a constaté que les arrivages de flétans, d'aiglefin, de myes et de homards au Québec étaient reliés positivement au ruissellement annuel. Les effets les plus frappants se font sentir lorsque les poissons suivent le débit de la rivière. Le temps de réaction varie avec les espèces et équivaut à peu près à l'âge de maturité (c'est-à-dire l'âge auquel le poisson peut être pêché). Cela montre donc que le ruissellement influe sur la première année des poissons et concorde avec d'autres études biologiques qui laissent croire que la quantité de poissons est déterminée dès l'oeuf et l'état larvaire. Sutcliffe pousse plus loin en supposant que, si le fleuve Saint-Laurent influe principalement sur la première année de vie, des rapports plus étroits peuvent être établis si l'on se base sur le ruissellement produit pendant des mois critiques, plutôt que sur les moyennes annuelles. Cette hypothèse s'est vérifiée plus tard, lorsqu'il a été démontré que le ruissellement de printemps est relié de plus près à la quantité de poissons qui suivent le débit (Sutcliffe, 1977). La première figure illustre bien le rapport qui existe entre les prises de homards et le ruissellement d'avril. En se fondant sur l'écart entre le débit du fleuve et les poissons, on peut faire des prévisions de prises, à partir des rapports avec le ruissellement (Sheldon *et al.*, 1982).

Au début, on pensait que l'accroissement du ruissellement d'eau douce engendrait un enrichissement en éléments nutritifs des couches de surface, par l'action de la circulation estuarienne et l'effet de mélange (Sutcliffe, 1973). Cette surabondance d'éléments nutritifs

entraînait une production biologique accrue qui donnait un taux de survie plus élevé des larves de poissons. Or, des études subséquentes ont démontré que l'un des principaux effets du ruissellement d'eau douce est l'augmentation de la stratification en aval, laquelle améliore la conservation de la chaleur près de la surface (G. Budgen, communication personnelle). Cela explique en partie la similitude entre les températures relevées de l'eau de ruissellement du fleuve Saint-Laurent et celles de l'eau de surface de la zone côtière (Sutcliffe *et al.*, 1976).

Les effets physiques du débit d'eau douce du fleuve Saint-Laurent ne se limitent pas au golfe du Saint-Laurent; ils



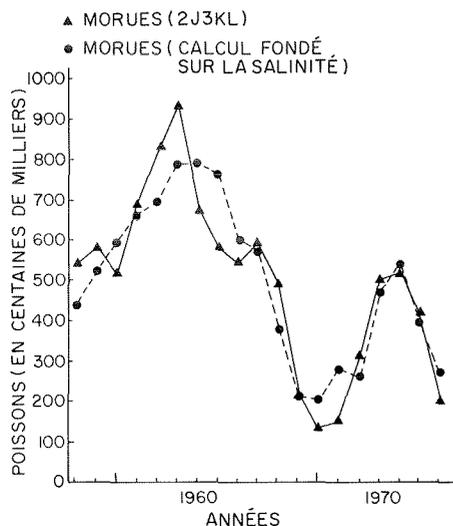
Moyennes mobiles de trois ans des prises de homards au Québec et débit combiné d'avril des rivières des Outaouais, du Saguenay et du fleuve Saint-Laurent.

se font sentir sur le plateau continental Scotian et dans le golfe du Maine (Sutcliffe *et al.*, 1976). C'est pourquoi furent entreprises des recherches sur les effets possibles du fleuve Saint-Laurent sur les stocks de poissons du golfe du Maine. On a observé, sur 10 des 15 espèces commerciales de poissons, de mollusques et de crustacés prises dans les eaux du golfe du Maine, un lien significatif avec le ruissellement du Saint-Laurent (Sutcliffe *et al.*, 1977). Comme dans le golfe du Saint-Laurent, les rapports les plus marqués se produisent lorsque les poissons suivent le ruissellement d'un temps approximativement égal à leur âge commercialisable. Si plus de la moitié des espèces capturées dans le golfe du Maine montraient une réaction positive au ruissellement, on en a relevé quatre qui semblaient montrer des signes négatifs. La quantité de poissons a aussi été rattachée aux températures des eaux de surface de la zone côtière; cela n'est guère surprenant, compte tenu du lien étroit qui existe entre les températures de surface de la mer et le

débit du fleuve. Règle générale, on considère que les espèces touchées positivement par le ruissellement se trouvent à la limite nord de leur aire de répartition; inversement, bon nombre des espèces influencées négativement par le ruissellement sont près de leur limite méridionale. Les températures élevées favorisent les espèces d'eau chaude mais nuisent aux espèces vivant normalement en eau froide.

Après avoir observé la vaste région où se font sentir les effets du Saint-Laurent, Sutcliffe et ses collaborateurs ont examiné une autre importante source d'eau douce au Canada – le ruissellement de la baie d'Hudson. Le débit d'eau douce dans les baies d'Hudson et James est de 523 km³ par année (Prinsenberg, 1980), davantage que le réseau du Saint-Laurent. Le débit mensuel le plus élevé (en juin) a pu être évalué par la mesure d'une salinité minimale sur le plateau continental du Labrador, jusque sur les Grands bancs (Sutcliffe *et al.*, 1983), et apparemment sur la partie sud du plateau continental de Terre-Neuve (Petrie et Anderson, 1983). De plus, Sutcliffe et ses collaborateurs (1983) ont établi un lien entre les stocks de morues de l'Atlantique, sur la partie sud du plateau continental du Labrador et la partie nord du plateau continental de Terre-Neuve, et les changements de salinité des couches de surface (deuxième figure). L'effet de la salinité sur la population de morues est positif; plus la salinité est élevée (donc, faible ruissellement), plus les populations de morues prospèrent. Selon Sutcliffe et ses collaborateurs, l'effet de mélange produit par les marées dans le détroit d'Hudson fait augmenter la quantité d'éléments nutritifs ainsi que la salinité des eaux de surface. Ces eaux sont transportées, par circulation résiduelle, sur la partie nord du plateau continental du Labrador, où les éléments nutritifs favorisent une production primaire. Pendant le temps de formation d'une chaîne alimentaire, cette eau est poussée vers le sud par le courant du Labrador; cela explique l'augmentation des concentrations de poissons dans la partie sud du plateau continental du Labrador. Les années de grand débit d'eau douce depuis la baie d'Hudson, la stratification accrue empêche le mélange de se produire, ce qui réduit la quantité d'éléments nutritifs et fait baisser la salinité de l'eau du plateau continental du Labrador; les morues ont alors moins de nourriture.

Dans les recherches à venir, on tentera de mieux comprendre les facteurs qui relient les poissons et le ruissellement. On mènera des études sur l'effet du débit d'eau douce sur l'océanographie physique des plateaux continentaux de la côte est du Canada; de plus, on poursuivra la recherche sur les rapports entre fluctuations environnementales et variations des stocks de poissons.



Abondance observée de morues de l'Atlantique dans le sud du plateau continental du Labrador et le nord du plateau continental de Terre-Neuve, et quantités calculées à partir de rapports avec la salinité.

Ouvrages de référence

DOW, R.L. 1969. Cyclic and geographic trends in sea water temperatures to American lobster. *Science* 164:1060-1063.

FLOWERS, J.M. and SAILA, S.B. 1972. An analysis of temperature effects on the inshore lobster fishery. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*.

ICNAF (International Commission for Northwest Atlantic Fisheries). 1965. Special Publication No. 6. ICNAF Environmental Symposium, Rome, 1964: 914 p.

LAUZIER, L.M. 1957. The St. Lawrence spring run-off and summer salinities in the Magdalen Shallows. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada* 111: 193-194.

MARTIN, W.R. and KOHLER, A.C. 1965. Variation in recruitment of cod (*Gadus morhua*) in southern ICNAF waters, as related to environmental changes. *ICNAF, Special Publication* 6: 833-846.

PETRIE, B. and ANDERSON, C. 1983. Circulation on the Newfoundland continental shelf. *Atmosphere - Ocean* 21: 207-226.

PRINSENBURG, S.J. 1980. Man-made changes in the freshwater input rates of Hudson and James Bays. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 1101-1110.

SHELDON, R.W., SUTCLIFFE, W.H. JR., and DRINKWATER, K. 1982. Fish production in multispecies fisheries. In *Multispecies Approaches to Fisheries Management Advice*; Ed. M.C. Mercer. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 39: 28-34.

SUTCLIFFE, W.H. JR. 1972. Some relations of land drainage, nutrients, particulate material and fish catch in two eastern Canadian bays. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 29: 357-362.

SUTCLIFFE, W.H. JR. 1973. Correlations between seasonal river discharge and local landings of

American lobster (*Homarus americanus*) and Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) in the Gulf of St. Lawrence. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 30: 856-859.

SUTCLIFFE, W.H. JR., LOUCKS, R.H., and DRINKWATER, K.F. 1976. Coastal circulation and physical oceanography of the Scotian Shelf and the Gulf of Maine. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 33: 98-115.

SUTCLIFFE, W.H. JR., DRINKWATER, K.F., and MUIR, B.S. 1977. Correlations of fish catches and environmental factors in the Gulf of Maine. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 34: 19-40.

SUTCLIFFE, W.H. JR., LOUCKS, R.H., DRINKWATER, K.F., and COOTE, A.R. 1983. Nutrient flux onto the Labrador Shelf from Hudson Strait and its biological consequences. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40: 1692-1701.

Reproduction des oiseaux de mer de l'Arctique lorsque les conditions des glaces sont inhabituelles : la marmette de Brünnich *Uria lomvia* en 1978¹

D.N. Nettleship, T.R. Birkhead et A.J. Gaston

À cause des conditions de glaces particulièrement difficiles dans le détroit de Lancaster en 1978, la saison de reproduction des marmettes de Brünnich a commencé trois semaines plus tard que d'habitude : les oeufs et les poussins étaient plus petits, les parents avaient un comportement anormal, le nombre d'oisillons ayant atteint l'âge de voler a diminué et presque tous ceux qui avaient franchi cette ont étape péri immédiatement après.

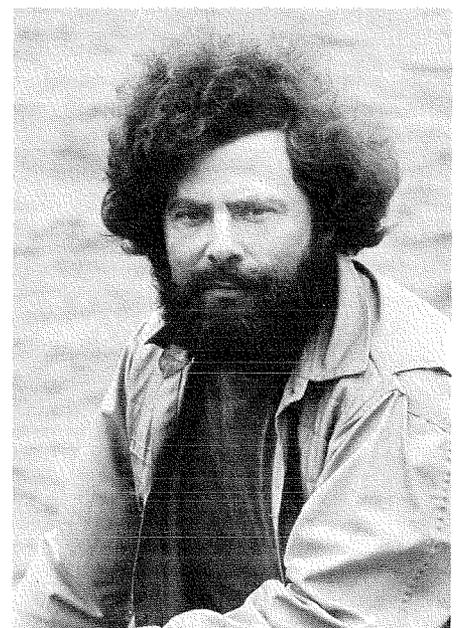
Il est rare que le processus complet de reproduction chez les oiseaux de mer soit un échec, notamment chez les espèces qui se reproduisent dans les régions tempérées ou arctiques (Belopol'skii, 1957; Freuchen et Salomonsen, 1958; Salomonsen, 1972). Pour la première fois, voici un compte rendu détaillé des répercussions de conditions des glaces inhabituelles sur la reproduction de la marmette de Brünnich (*Uria lomvia*).

L'étude a été menée en 1978, dans l'île Prince-Léopold, à l'extrémité ouest du détroit de Lancaster (T.N.-O.); quelques observations additionnelles ont été faites près du cap Hay, dans l'île Bylot, et à la pointe Cambridge, dans l'île Coburg. De 86 000 à 160 000 couples de marmettes de Brünnich se reproduisent dans les colonies situées à ces endroits (voir premier tableau). Des données détaillées sur les conditions des glaces dans la région sont recueillies depuis la fin des années 40; normalement, la glace ne bloque jamais complètement le détroit de Lancaster (à l'ouest de l'île Prince-Léopold) ou bien, habituellement avant la fin d'avril, elle se brise et disparaît au cours du printemps ou de l'été. Cependant, en 1978, l'île Prince-Léopold est demeurée prisonnière des glaces et de grandes plaques de glace à la dérive ont encombré le détroit de Lancaster pendant tout l'été. En 1978, le cap Hay était près de la lisière de glace et l'île Coburg est demeurée libre de glace pendant toute la saison de la reproduction. Nous avons comparé nos observations sur la reproduction de la marmette de Brünnich dans l'île Prince-Léopold en 1978 aux données, recueillies de 1975 à

1977, sur les conditions des glaces qui étaient alors relativement normales (Gaston et Nettleship, 1981) et correspondaient aux moyennes indiquées dans la première figure. Dans le présent document, tous les résultats se rapportent à la colonie de l'île Prince-Léopold, à moins d'indication contraire.

En 1978, la ponte (date médiane : 18 juillet) eut lieu environ 18 jours plus tard qu'en 1975-1977 (voir deuxième figure). La date moyenne de la ponte varie beaucoup d'une année à l'autre ($P < 0,001$); en 1978, la ponte eut lieu bien plus tard ($P < 0,05$) que l'année précédente. Selon le total des oeufs dénombrés dans quatre aires d'étude, au moins 97 % du nombre des oiseaux composant la population de 1975-1977 se sont reproduits en 1978. Cette année-là, la période de reproduction au cap Hay eut lieu en même temps que dans l'île Prince-Léopold; en extrapolant à partir d'un petit échantillon ($n = 63$) de dates d'éclosion, on obtient la date médiane de la ponte au cap Hay, soit le 20 juillet.

Les marmettes de Brünnich ont pondu des oeufs relativement petits en 1978, comparativement aux années précédentes. Le volume moyen des oeufs diffère beaucoup d'une année à l'autre ($F_{3,446} = 15,6$, $P < 0,001$). En 1975 et 1976, le volume des oeufs était à peu près identique; et il en était de même en 1977 et 1978 (toutes les autres comparaisons par paires : test de l'intervalle de variation multiple de Duncan, $P < 0,05$). En outre, nous n'avons constaté aucune différence entre le volume des oeufs de l'île Prince-Léopold, du cap Hay et de la pointe



ROGER BELANGER

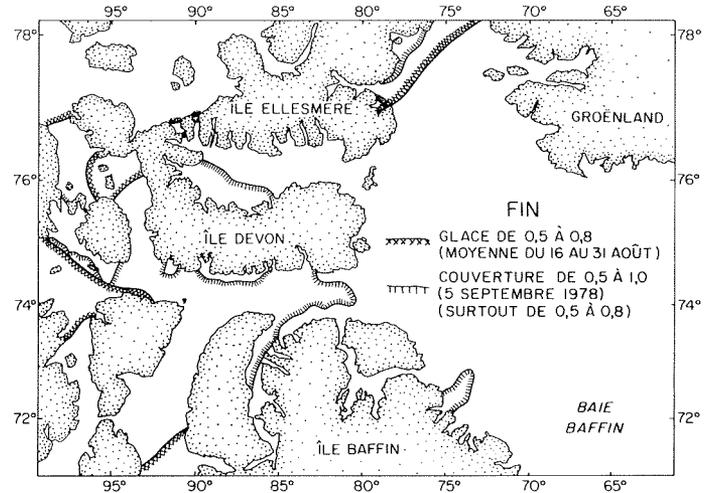
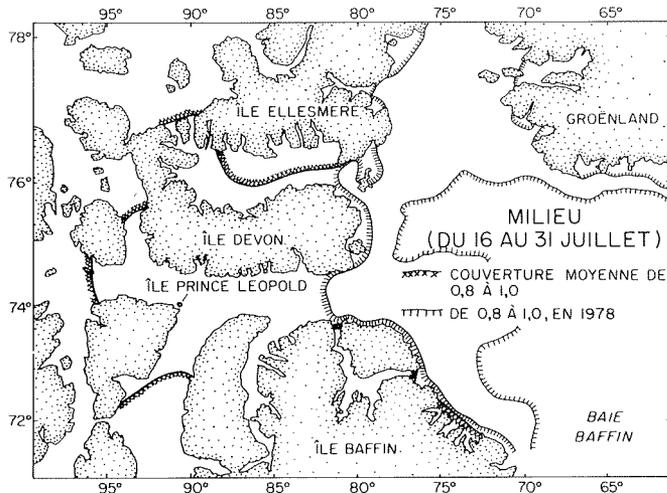
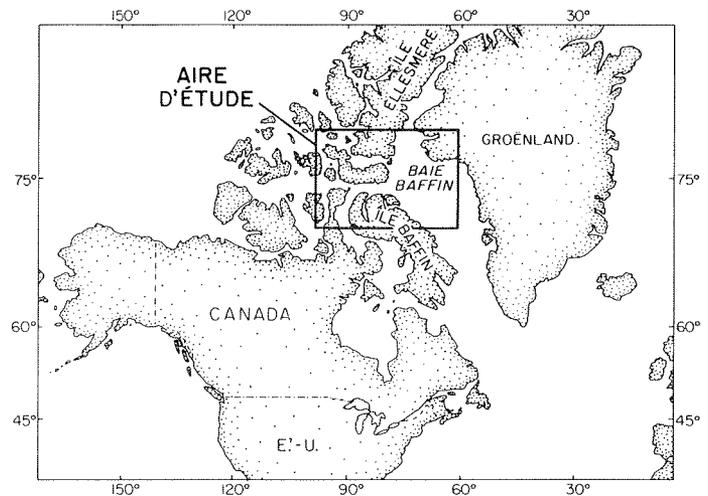
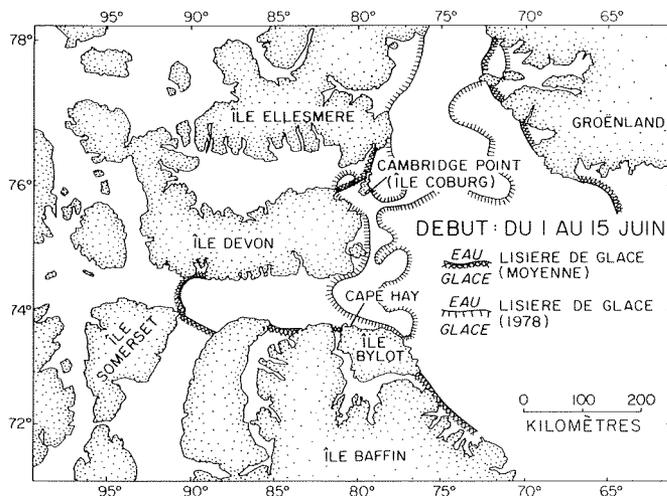
David Nettleship

Cambridge en 1978 (les adultes reproducteurs de ces colonies étaient de même taille). Voilà qui montre que les conditions environnementales ont eu des incidences très importantes sur la nourriture disponible et que les oiseaux qui se reproduisent dans l'île Prince-Léopold n'ont pas été les seuls touchés.

En 1978, à l'île Prince-Léopold, le volume moyen des oeufs n'était pas très différent de celui des oeufs de 1977, année où la ponte a eu lieu bien plus tard qu'en 1975 et 1976, bien que la date médiane de la ponte ne diffère que de quatre jours (Gaston et Nettleship, 1981). Voilà qui nous porte à croire, premièrement, que le volume minimum des oeufs viables chez les populations de marmettes de Brünnich au détroit de Lancaster est de 78 à 80 cm³. Deuxièmement, il pourrait y avoir un certain rapport entre le volume des oeufs et la saison de la reproduction : les oiseaux produisent des oeufs plus petits de façon à réduire au minimum la période avant la ponte. Les marmettes ont eu beaucoup plus de difficulté à trouver de la nourriture pendant la période de formation des oeufs en 1978 qu'en 1977; en effet, il leur a fallu 18 jours de plus que normalement pour accumuler les réserves alimentaires nécessaires pour produire des oeufs de taille minimum.

La masse des marmettes adultes pendant la période d'incubation n'était pas beaucoup plus faible en 1978 que les autres années; l'incubation s'est déroulée normalement en 1978, la période moyenne d'incubation (32,1 jours) étant similaire à

¹ Ce travail est associé au Programme d'étude des oiseaux de mer septentrionaux, Section de la recherche sur les oiseaux de mer, Service canadien de la faune, Environnement Canada (Rapport n° 184).



Répartition et concentration des glaces dans le détroit de Lancaster et environs les années normales et en 1978 : les lignes hachurées indiquent les limites entre la glace et l'eau (ligne double :

années normales; ligne simple : 1978). Début – emplacement des lisières de la banquise côtière (couverture de glace – 1,0 ou 10/10). Milieu – zones de banquise serrée (couverture de glace – 0,8 ou 8/10)

et banquise soudée (couverture de glace – 1,0 ou 10/10). Fin – zones de banquise lâche en 1978.

celle des années précédentes (Gaston et Nettleship, 1981).

Le taux de croissance des oisillons a été plus faible en 1978 que les autres années. En 1978, la masse moyenne des poussins de deux jours était de $66 \text{ g} \pm 1,72 \text{ E.T.}$ ($n = 21$), soit 8 % de moins qu'en 1975-1977 ($70,8 - 72,2$). Quatorze jours après la naissance, l'écart entre la masse moyenne des oisillons nés en 1978 et celle des poussins des années précédentes était de 17 % (1978 : $155,7 \text{ g}$, 1975-1977 : $204,5 - 221,5 \text{ g}$). Cet écart est peut-être attribuable au fait que les oeufs étaient relativement petits en 1978, une diminution des apports calorifiques; à une augmentation de la consommation

d'énergie due aux changements de comportement des adultes envers la couvée; ou aux différences de température de l'air. En 1978², la température moyenne pendant la période d'élevage des oisillons a été légèrement plus basse que les autres années et, contrairement aux observations faites les années précédentes (Gaston et Nettleship, 1981) et dans d'autres études (Birkhead, 1976), quelques marmettes adultes ont laissé leur couvée sans surveillance pendant des périodes allant jusqu'à quatre heures, notamment vers la fin de la saison. En dépit des différences marquées au niveau de la croissance des oisillons et du comportement des adultes, la durée moyenne de la période d'élevage

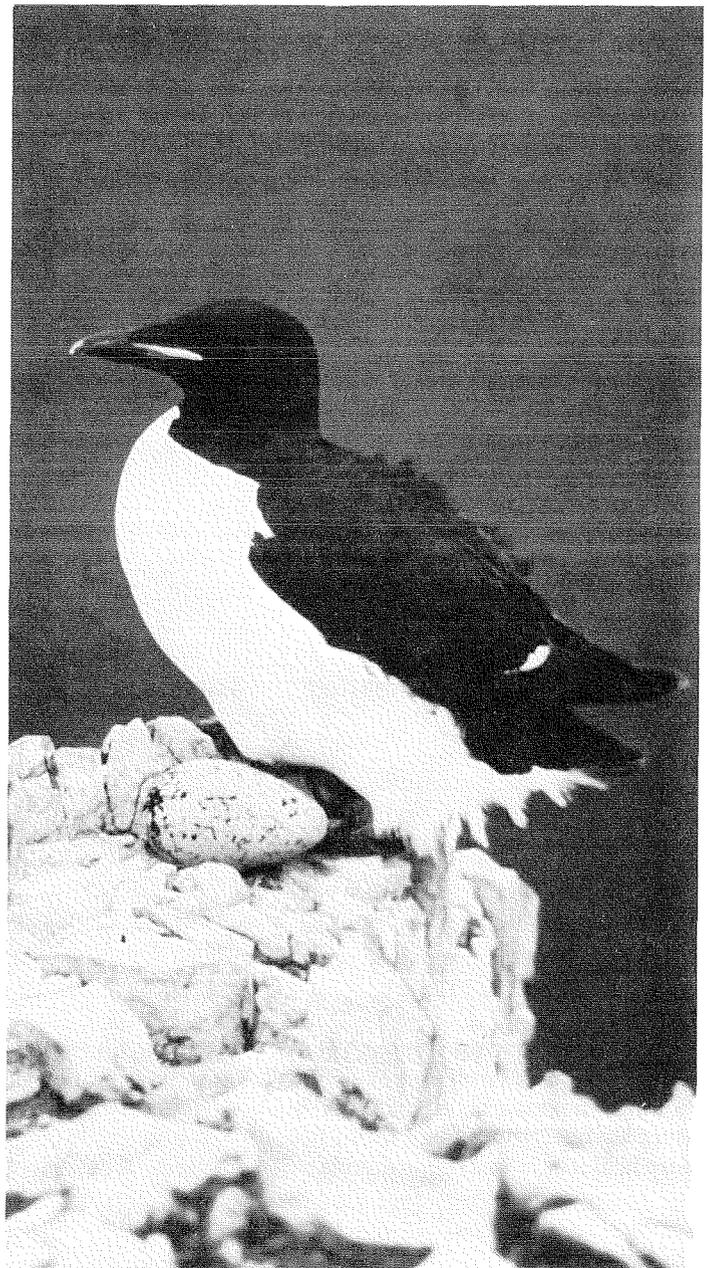
(21 jours) est restée la même d'une année à l'autre. Une année où la saison a commencé très tard, sur la côte mourmane (péninsule Kola, en U.R.S.S.), quelques marmettes adultes ont abandonné leurs oeufs et leurs poussins après que la plupart des oisillons eurent revêtu tout leur plumage (Kartashev, 1960).

Au cours des quatre années de l'étude, nous avons surveillé les couvées d'environ 350 couples de marmettes de Brünnich : la proportion des oeufs qui ont éclos en 1978 (81,4 %) était similaire à celle constatée en 1975-1977 (82,5 – 86,3 %); cependant, la proportion d'oisillons qui ont atteint l'âge de voler en 1978 (81,8 %) était faible comparativement aux années précédentes (1975-1977 : $90,9 - 91,9 \%$) : (données combinées pour 1975-1977 : $X^2_1 = 21,2$, $P < 0,001$). En 1978, nous avons trouvé plusieurs oisillons morts (probablement de

² La température ambiante a été enregistrée chaque jour à 7 h et 19 h, heure locale; les valeurs moyennes ont été calculées. La période d'élevage des oisillons s'étend du début de l'éclosion jusqu'à la date médiane à laquelle les oiseaux ont revêtu tout leur plumage. Températures moyennes : 1975 : $+2,5 \text{ }^\circ\text{C}$; 1976 : $+0,7 \text{ }^\circ\text{C}$; 1977 : $+2,5 \text{ }^\circ\text{C}$ et 1978 : $-1,0 \text{ }^\circ\text{C}$.



D.N. NETTLESHIP



E. GREENE

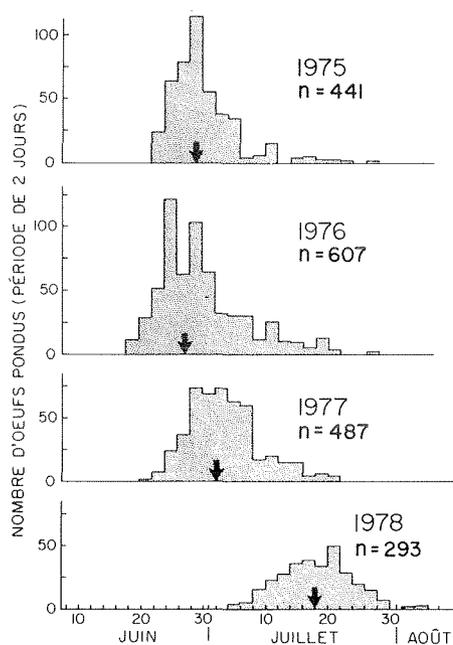
Marmettes de Brunnich sur les falaises de l'île Prince-Léopold, août 1978. À noter la densité des reproducteurs et les caractéristiques de l'habitat (saillies rocheuses).

Marmette de Brunnich et oeuf – oiseau de mer de l'Arctique qui niche en colonies sur les falaises.

faim) dans leur nid. Les années précédentes, il semble qu'aucun oisillon ne soit mort d'inanition (Gaston et Nettleship, 1981). La reproduction a été moins réussie en 1978 (66,6 %) que les années précédentes (74,9–79,3 %). Il semble qu'en 1978, les jeunes marmettes ont revêtu tout leur plumage alors qu'elles pesaient environ 20 % de moins que leur poids normal (Gaston et Nettleship, 1981). Il n'existe aucune donnée sur les jeunes marmettes qui ont survécu, mais il semble probable que les oisillons très petits ont moins de chance de survie que les poussins dans la moyenne ou plus gros (Perrins *et al.*, 1973).

Les oisillons et les adultes qui les accompagnent quittent l'île Prince-Léopold et traversent le détroit de Lancaster à la nage, vers l'est, et se dirigent ensuite vers le sud pour se rendre au sud-ouest du Groenland où ils passent l'hiver. En 1978, la période d'élevage ne s'est pas déroulée normalement et des adultes ont essayé d'encourager des oisillons de moins de 15 jours (en dessous de l'âge minimum pour la formation du plumage) à s'envoler. La plupart des poussins ont réussi à se poser dans l'eau, entre les plaques de glace qui entouraient l'île. Les oisillons semblaient contrôler, dans une certaine mesure, leur descente et s'efforçaient

d'éviter la glace. Les oisillons et les adultes devaient parcourir environ 300 km, dans un secteur où les glaces étaient très denses et les floes énormes (5 à 10 km de diamètre), pour parvenir aux eaux libres près de l'entrée du détroit de Lancaster. Les adultes et leur progéniture se sont aventurés sur la glace, mais pratiquement tous les poussins sont morts de fatigue ou de froid; il semble qu'aucun oisillon né dans l'île Prince-Léopold n'ait survécu en 1978. Au cap Hay et dans l'île Coburg, la couverture de glace était beaucoup moins dense; la plupart des oisillons ont probablement atteint l'âge de voler. Toutefois, si leur masse corporelle était



Dates de la ponte des oeufs chez les marmettes de Brünnich dans l'île Prince-Léopold au cours de quatre saisons. La flèche indique la date médiane de la ponte. De 1975 à 1977, les études ont commencé respectivement le 18 mai, le 7 mai et le 2 juin; en 1978, les études ont commencé le 21 juillet, après que les conditions inhabituelles des glaces dans le détroit de Lancaster eurent été établies et signalées. Les dates de la ponte en 1978 ont été extrapolées à partir des dates d'éclosion d'après la période moyenne d'incubation (32 jours), déterminée à l'aide des données recueillies de 1975 à 1977.

très faible du fait qu'ils sont nés plus tard que normalement, il est probable que peu d'entre eux aient survécu.

Les répercussions à long terme de l'échec de la reproduction en 1978 sur le nombre de marmettes de Brünnich doivent être examinées en fonction de la dynamique de la population. Chez cette espèce, le taux de mortalité des adultes est peu élevé, la durée de vie des reproducteurs est d'au moins dix ans (les marmettes de Brünnich n'atteignent probablement leur maturité sexuelle qu'à cinq ans) et le taux annuel de reproduction est faible (Birkhead et Hudson, 1977). Toutefois, la diminution du nombre de naissances ou du taux de survie des



Habitat de la marmette de Brünnich durant la période de la reproduction – sommet des falaises dans l'île Prince-Léopold.

juvéniles, au cours d'une année, n'aura que des incidences minimales sur la taille de la population (Wooler et Couslon, 1977), notamment si la mortalité chez les juvéniles est due à la densité de la population. Ainsi, un faible taux de reproduction peut être compensé par un taux plus élevé de survie des juvéniles l'année suivante. Par ailleurs, même une petite augmentation de la mortalité des adultes aura vraisemblablement des effets importants et durables sur la taille de la population. En effet, chez une espèce dont le taux de survie annuel des adultes est de 95 %, une diminution de seulement 5 % du nombre de survivants aura pour effet de doubler le taux de mortalité. Cela signifie

que les populations d'oiseau de mer peuvent supporter un « désastre naturel », comme celui provoqué par les conditions de glaces et de climat en 1978, lesquels n'influent que sur le taux de reproduction parce que leur cycle biologique leur permet de faire face à de tels événements. Toutefois, ils ne peuvent vraisemblablement pas se remettre d'une augmentation de la mortalité chez les adultes, quelle qu'en soit la raison (p. ex. pollution par les hydrocarbures, pêche aux filets maillants, chasse). Parmi toutes les espèces qui se reproduisent dans le détroit de Lancaster, la marmette de Brünnich est particulièrement vulnérable à l'augmentation de la mortalité des adultes résultant des activités humaines.

Déjà, la pêche du saumon aux filets maillants pratiquée au sud-ouest du Groenland (aire d'hivernage de la majeure partie de la population de marmettes de Brünnich du détroit de Lancaster) a causé la disparition d'un très grand nombre de marmettes (Tull *et al.*, 1972; Nettleship, 1977). En plus de cela, il faut maintenant ajouter les risques de déversements d'hydrocarbures, suite aux activités de forage en haute mer (Milne et Smiley, 1978) et au trafic de pétroliers.

Ouvrages de référence

BELOPOL'SKII, L.O. 1957. Ecology of sea colony birds of the Barents Sea. (Translated from Russian,

1961). Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem: 346 p.

BIRKHEAD, T.R. 1976. Breeding biology and survival of Guillemots *Uria aalge*. Unpubl. D. Phil. thesis, University of Oxford, Oxford: 204 p.

BIRKHEAD, T.R. and HUDSON, P.J. 1977. Population parameters for the Common Guillemot *Uria aalge*. *Ornis Scandinavica* 8: 145-154.

FREUCHEN, P. and SALOMONSEN, F. 1958. The Arctic Year. G.P. Putnam's + Sons, New York: 438 p.

GASTON, A.J. and NETTLESHIP, D.N. 1981. The Thick-billed Murres of Prince Leopold Island – a study of the breeding ecology of a colonial high arctic seabird. Canadian Wildlife Service Monograph Series No. 6, Ottawa: 350 p.

KARTASCHEW, N.N. 1960. Die Alkenvogel des Nordatlantiks. A. Ziemsen Verlag, Wittenberg. Luthesstadt: 154 p.

MILNE, A.R. and SMILEY, B.D. 1978. Offshore drilling in Lancaster sound – possible environmental

hazards. Institute of Ocean Sciences, Canada Department of Fisheries and Oceans, Sidney, B.C.: 95 p.

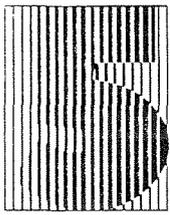
NETTLESHIP, D.N. 1977. Seabird resources of eastern Canada: status, problems and prospects. In Proceedings of a symposium on Canada's Endangered Species and Habitats; Eds. T. Mosquin and C. Suchal. Canadian Nature Federation Special Publication No. 6, Ottawa: 96-108.

PERRINS, C.M., HARRIS, M.P. and BRITTON, C.K. 1973. Survival of Manx Shearwaters *Puffinus puffinus*. *Ibis* 115: 535-548.

SALOMONSEN, F. 1972. Zoogeographical and ecological problems in arctic bird. *Proceedings of the International Ornithological Congress 15*: 25-77.

TULL, C.E., GERMAIN, P. and MAY, A.W. 1972. Mortality of Thick-Billed Murres in the west Groenland salmon fishery. *Nature* 237: 42-44.

WOOLER, R.D. and COULSON, J.C. 1977. Factors affecting the age of first breeding of the Kittiwake *Rissa tridactyla*. *Ibis* 119: 339-349.



Cartes et publications

CARTES

Le bureau de la Région de l'Atlantique du Service hydrographique du Canada possède un effectif de 25 cartographes chargés d'établir 433 cartes de navigation qui couvrent la région allant de la baie de Fundy au détroit du Prince-de-Galles dans l'Arctique.

En 1983, le bureau de l'Atlantique a produit 5 nouvelles cartes, 3 nouvelles éditions standard, 25 nouvelles éditions pour Loran C et(ou) Decca, 7 corrections importantes et 43 Avis aux navigateurs. En outre, 21 nouvelles éditions de cartes pour Loran C ont été produites dans la région, par des entrepreneurs privés.

L'administration centrale a produit 4 nouvelles cartes, 21 nouvelles éditions (surtout afin d'y incorporer le nouveau système de balisage de l'Association internationale de signalisation maritime) et 30 réimpressions. Pour la première fois dans la région, des cartes (14) ont été imprimées sous contrat à Halifax (N.-É.).

Nouvelles cartes

4001	Gulf of Maine à Baffin Bay
4006	Terre-Neuve à Bermudes
4245	Yarmouth Harbour et les approches
4277	Great Bras d'Or et St. Andrews Channel
4843	Fond de St. Mary's Bay
5044	Cape Harrison à Dog Islands
5045	Dog Islands à Cape Makkovik
7540	Bridport Inlet et les approches
7552	Bellot Strait et les approches

Nouvelles éditions et réimpressions

4001	Golfe of Maine à Strait of Belle Isle
4010	Bay of Fundy (Inner Portion)
4011	Approches à Bay of Fundy
4013	Halifax à Sydney
4015	Sydney to Saint-Pierre
4016	Saint-Pierre to St. John's
4017	Cape Race to Cape Freels
4021	Pointe Armour à Cape Whittle
4022	Cabot Strait and Approches
4023	Northumberland Strait
4128	Approches to Saint John Harbour
4154C	Nactaquac Dam to Newbourg Junction

4145.1	Nactaquac Dam to Newbourg Junction	7302	Lady Ann Strait to Smith Sound
4145.2	Nactaquac Dam to Newbourg Junction	7404	Frozen Strait, Lyon Inlet and Approches
4275	St. Peters Bay	7430	Repulse Bay, Harbour Island to Talon Bay
4319	Saint John Harbour et les Approches	7455	Igloolik and Approches
4343	Friar Roads	7465	Frustration Bay and Approches
4384	Pearl Island to Cape LaHave	7930	Hell Gate and Cardigan Strait
4399	Parrsboro Harbour and Approches	7950	Jones Sound, Norwegian Bay and Queen's Channel
4403	East Point to Cape Bear		
4462	St. Georges Bay	7954	Cape Stallworthy to Cape Discovery
4463	Chéticamp to Cape Mabou	8005	Georges Bank
4464	Chéticamp to Cape St. Lawrence	8007	Halifax à Sable Island
4519	Maiden Arm, Spring Inlets and Approches	8008	Banquereau and Misaine Banks
4520	Orange Bay to Cape Bonavista	8009	Grand Banks of Newfoundland
4530	Hamilton Sound (Partie Est)	8010	Grand Banks (Partie sud)
4544	Deer and St. Jones Harbour	8011	Grand Banks (Northern Portion)
4545	Smith and Random Sounds (Eastern Part)	8012	Flemish Pass
4575	Cape Broyle Harbour to Renew's Harbour	8013	Flemish Cap
4577	Old Pelican and Winterton to Hearts Content	8014	Grand Banc (Partie nord-est)
4598	Bay of Exploits — Sheet IV (North-East)	8015	Funk Island et les approches
4599	Little Bay Island to League Point	8046	Button Island to Cod Island
4611	Grand Bank et les approches	8047	Cod Island to Cape Harrison
4622	Cape St. Mary's to Argentia Harbour	8048	Cape Harrison to St. Michael Bay
4624	Long Island to St. Lawrence Harbour	8049	St. Michael Bay to Gray Island
4625	Burin Peninsula to Saint-Pierre		
4626	Saint-Pierre and Miquelon (France)		
4635	Cape Ray to La Poile Bay		
4700	Belle Isle to Resolution Island		
4703	White Point to Corbet Island		
4716	Chateau Bay		
4730	Nain to Domino Point		
4731	Strait of Belle Isle to Domino Run		
4745	White Point to Sandy Island		
4771	Eclipse Harbour à Cape White Handkerchief		
4775	Nain to Saglek Bay		
4776	Entrance to Saglek Bay to Buttons Island		
5001	Labrador Sea		
5150	White Bear Island to Ragged Island		
5251	Payne Bay and Approches		
5391	Douglas Harbour and Approches		
7011	Détroit d'Hudson à Grønland		
7053	Padloping Island to Clyde Inlet		
7065	Mill Island to Winter Island		
7126	Culberston Island to Frobisher		
7127	Koojeese Inlet and Approches		
7170	Exeter Bay and Approches		
7217	Scott Inlet to Pond Inlet		

Corrections importantes

4637	Burgeo and Ramea Islands
4703	White Point to Corbet Island
4744	Approches to Spotted Island Harbour
4745	White Point to Sandy Island
4910	Miramichi
5133	Domino Point to Cape North

PUBLICATIONS

Voici une liste alphabétique, par auteurs, des ouvrages publiés par l'Institut en 1983. On trouve notamment des articles qui ont paru dans des périodiques scientifiques et hydrographiques, des livres, des comptes rendus de réunions et diverses séries de rapports techniques. Pour de plus amples renseignements sur toute publication mentionnée ci-dessous, veuillez vous adresser au Service des publications, Institut océanographique de Bedford, C. p. 1006, Dartmouth (N.-É.), Canada, B2Y 4A2.

ABOU DEBS, C. et NIVAL, P. 1983. Étude de la ponte et du développement embryonnaire en

- relation avec la température et la nourriture chez *Temora stylifera* Dana (Copepoda: Calanoida). *Journal of Experimental Biology and Ecology* 72: 125-145.
- ADDISON, R.F. 1983. PCB replacements in dielectric fluids. *Environmental Science and Technology* 17: 486A.
- ADDISON, R.F., PATERSON, S., and MACKAY, D. 1983. The predicted environmental distribution of some PCB replacements. *Chemosphere* 12: 827-834.
- AGTERBERG, F.P. and GRADSTEIN, F.M. 1983. System of interactive computer programs for quantitative stratigraphic correlation. Geological Survey of Canada, *Paper 83-JA*: 83-87.
- AKSU, A.E. and PIPER, D.J.W. 1983. Progradation of the Late Quaternary Gediz Delta, Turkey. *Marine Geology* 54: 1-25.
- ALZIEU, C., BEWERS, J.M., and DUINKER, J.C. 1983. Administrative summary report of the ICES fifth round intercalibration for trace metals in seawater (5/TM/SW). International Council for the Exploration of the Seas, Report CM1983/E: 28: 4 p.
- ANDERSEN, L.G., DYRSSEN, D.W., JONES, E.P., and LOWINGS, M.G. 1983. Inputs and outputs of salt, freshwater, alkalinity, and silica in the Arctic Ocean. *Deep-Sea Research* 30: 87-94.
- ANDERSON, N.M. and KERR, A.J. 1983. Exploring Arctic seas – today and yesterday. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 67: 78-84.
- ANON. 1983. Bay of Fundy bibliography: Supplement III. *Proceedings of the Nova Scotian Institute of Science* 33: 101-105.
- BARRON, J.L., DYRSSEN, D., JONES, E.P., and WEDBORG, M. 1983. A comparison of computer methods for seawater alkalinity titrations. *Deep-Sea Research* 30: 441-448.
- BARSS, M.S. and WILLIAMS, G.L. 1983. Alphabetical listing of fossil dinocyst species. Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences No. 23: 48 p.
- BATES, S.S., LETOURNEAU, M., TESSIER, A., and CAMPBELL, P.G.C. 1983. Variation in zinc adsorption and transport during growth of *Chlamydomonas variabilis* (chlorophyceae) in batch culture with daily addition of zinc. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40: 895-904.
- BEARDSLEY, R.C., MILLS, C.A., SMITH, P.C., and BUTMAN, B. 1983. Mean Eulerian subsurface currents measured in the Gulf of Maine and adjacent Scotian and New England shelf and slope regions, 1974-1980. Woods Hole Oceanographic Institution, Report WHOI-83-44.
- BENOIT, J.R. and MUNGALL, J.C.H. 1983. Proceedings of the 1982 Grand Banks Current Workshop. Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences 28: iv + 43 p.
- BERMAN, S.S., MYKYTIUK, A.P., YEATS, P.A., and BEWERS, J.M. 1983. ICES fifth round intercalibration for trace metals in seawater, ICES 5/TM/SW (Section 3) Preliminary Report. International Council for the Exploration of the Seas, Report CM1983/E:24:33 p.
- BERNSTEIN, B.B., SCHROETER, S.C., and MANN, K.H. 1983. Sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) aggregating behavior investigated by a subtidal multifactorial experiment. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40: 1975-1986.
- BEWERS, J.M. 1983. Report of the ICES observers to the meeting of the Ad Hoc Scientific Group of the London Convention. In Observers' Reports from Cooperating Organizations. International Council for the Exploration of the Seas, Paper CM1983/GEN.1: 6-7.
- BEWERS, J.M. and DUINKER, J.C. 1983. Methods of assessing gross riverine discharges of trace metals and organohalogenes into the marine environment. In Report of the ICES Advisory Committee on Marine Pollution (1982). International Council for the Exploration of the Seas, Cooperative Research Report 120: 60-72.
- BEWERS, J.M. and WINDOM, H.L. 1983. Intercomparison of seawater sampling devices for trace metals. In Trace Metals in Sea Water. Plenum Publishing Corp.: 143-154.
- BEWERS, J.M. and YEATS, P.A. 1983. ICES fifth round intercalibration for trace metals in seawater (ICES 5/TM/SW). Report of Section 1: Comparison of filtration procedures. International Council for the Exploration of the Seas, Report CM1983/E:18: 21 p.
- BEWERS, J.M. and YEATS, P.A. 1983. Transport of metals through the coastal zone. International Council for the Exploration of the Seas, Report 118: 146-163.
- BEZANSON, D. and KRANCK, K. 1982. Near-bottom sediment suspensions measured by sediment trap. In Report on Ocean Dumping Research and Development, Atlantic Region, 1980-81. Environment Canada, Surveillance Report EPS-5-AR-82-1.
- BIRKHEAD, T.R., JOHNSON, S.D. and NETTLESHIP, D.N. 1983. Extra-pair matings, operational sex ratio and mate guarding in the Common Murre *Uria aalge*. Canadian Wildlife Service, "Studies on Northern Seabirds," Manuscript Report No. 168: 1-28.
- BIRKHEAD, T.R., JOHNSON, S.D. and NETTLESHIP, D.N. 1983. A possible hybrid murre *Uria allge x Uria lomvia*. Canadian Wildlife Service, "Studies on northern seabirds," Manuscript Report No. 166: 1-6.
- BIRKHEAD, T.R. and NETTLESHIP, D.N. 1983. Alloparental care in the Common Murre *Uria aalge*. Canadian Wildlife Service, "Studies on northern seabirds," Manuscript Report No. 167: 1-10.
- BIRKHEAD, T.R. and NETTLESHIP, D.N. 1983. Studies of alcids breeding at the Gannet Clusters, Labrador, 1982. Canadian Wildlife Service, "Studies on northern seabirds," Manuscript Report No. 149: 1-115.
- BRODIE, P.F. and BECK, B. 1983. Predation by sharks on the grey seal (*Halichoerus grypus*) in eastern Canada. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40: 267-271.
- BROWN, B.E. and HALLIDAY, R.G. 1983. Fisheries resources of the Northwest Atlantic – some responses to extreme fishing perturbations. In Proceedings of the Joint Oceanographic Assembly 1982 – General Symposia. Canadian National Committee/Scientific Committee on Oceanic Research, Ottawa, Ontario: 96-109.
- BROWN, R.G.B. 1983. Birds and the sea. *Oceanus* 26 (1): 2-10.
- BUCKLEY, D.E. and WINTERS, G.V. 1983. Geochemical transport through the Miramichi estuary. In Proceedings of the Conference on Pollution in the North Atlantic Ocean; Eds. J.W. Farrington, J.H. Vandermeulen, and D.G. Cook. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40 (Supplement 2): 162-182.
- BUJAK, J.P. and DAVIES, E.H. 1983. Fluorescence helps find oil. *Geos* 12: 5-8.
- BUJAK, J.P. and DAVIES, E.H. 1983. Modern and fossil Peridiniineae. American Association of Stratigraphic Palynologists, *Contribution Series* 13: 203 p.
- BURDIGE, D.J. and KEPKAY, P.E. 1983. Determination of bacterial manganese oxidization rates in sediments using an in-situ dialysis technique. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 47: 1907-1916.
- BURKE, R. 1983. The Canadian Hydrographic Service (Atlantic) sweep program – A status report. *Lighthouse* 27.
- CAMPANA, S.E. 1983. Feeding periodicity and the production of daily growth increments in otoliths of steelhead trout (*Salmo gairdneri*) and starry flounder (*Platichthys stellatus*). *Canadian Journal of Zoology* 61: 1591-1597.

- CAMPANA, S.E. 1983. Calcium deposition and otolith check formation during periods of stress in coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *Comparative Biochemistry and Physiology* 75(A): 215-220.
- CAMPANA, S.E. 1983. Mortality of starry flounders (*Platichthys stellatus*) with skin tumors. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40: 200-207.
- CARTER, L. and SCHAFER, C.T. 1983. Interaction of the western boundary undercurrent with the continental margin off Newfoundland. *Sedimentology* 30: 751-768.
- CHASE, R., CLARK, J.I., SHIELDS, D.H., McCANN, S.B., D'ANGLEJAN, B., PIPER, D.J.W., and PETERS, G.R. 1983. Marine geoscience in universities. In: The Geosciences in Canada; Part I. Marine geoscience in Canada, a status report, prepared and edited by the Marine Geoscience Committee, Canadian Geoscience Council. Geological Survey of Canada, Paper 81-86 (Part 1): 62-67.
- CLARKE, R. A. and GASCARD, J.-C. 1983. The formation of Labrador Sea water. Part 1: Large-scale processes. *Journal of Physical Oceanography* 13: 1764-1778.
- COCHRANE, J.A. and DUNSIGER, A.D. 1983. Remote acoustic classification of marine sediments with application to offshore Newfoundland. *Canadian Journal of Earth Sciences* 20: 1195-1211.
- COTA, G.F. and HARRISON, W.G. 1983. Plankton dynamics in Bedford Basin, Nova Scotia: Carbon flux in feeding experiments with micro- and macrozooplankton from February 13, 1978 to January 31, 1979. Canadian Data Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 392.
- CÔTÉ, B. and PLATT, T. 1983. Day-to-day variations in the spring-summer photosynthetic parameters of coastal marine phytoplankton. *Limnology and Oceanography* 28(2): 320-344.
- CRANSTON, R.E. 1983. Chromium in Cascadia Basin, northeast Pacific Ocean. *Marine Chemistry* 13: 109-125.
- CRANSTON, R.E., STOFFYN, M.A., and BUCKLEY, D.E. 1983. Sedimentary geochemistry of a potential radioactive waste disposal site in the Nares Abyssal Plain. *EOS* 64: 741.
- DALE, C.E. and O'BOYLE, R.N. 1983. A biological review of the status of the 4VWx flatfish stocks. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, *Research Document* 83/62.
- DAVIES, E.H. 1983. The dinoflagellate Opelezonization of the Jurassic - Lower Cretaceous sequence in the Sverdrup Basin, Arctic Canada. Geological Survey of Canada, *Bulletin* 359: 59 p.
- DEN HARTOG, G., SMITH, S.D., ANDERSON, R.J., TOPHAM, D.R., and PERKIN, R.G. 1983. An investigation of a polynya in the Canadian Archipelago. 3. Surface heat flux. *Journal of Geophysical Research* 88: 2911-2916.
- DICKIE, L.M. 1983. Frederick Ronald Hayes, 1904-1982 (Obituary). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40: 551-553.
- DICKIE, L.M. 1983. Genetic structure of mussel populations in eastern Canadian waters. Northwest Atlantic Fisheries Organization, *Scientific Council Studies* 6: 73-73.
- DICKIE, L.M., DOWD, R.G., and BOUDREAU, P.R. 1983. An echo counting and logging system (ECOLOG) for demersal fish size distribution and densities. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40: 487-498.
- DICKIE, L.M. and TRITES, R.W. 1983. The Gulf of St. Lawrence. In *Estuaries and Enclosed Seas*; Ed. B.H. Ketchum. Amsterdam; Elsevier Scientific Publication Company, Chapter 16: 403-425.
- DOBSON, D. and PETRIE, B. 1983. Long-term temperature monitoring program 1982, Scotia - Fundy, Gulf regions. Canadian Data Report of Hydrography and Ocean Sciences No. 10.
- DOBSON, D. and PETRIE, B. 1983. Long-term temperature monitoring program 1982, Newfoundland region. Canadian Data Report of Hydrography and Ocean Sciences No. 11.
- DOBSON, F.W. 1983. Introductory physical oceanography. In *Air-Sea Exchange of Gases and Particles*; Eds. P.S. Liss and G.N. Slinn. The Netherlands; D. Reidel Publishing Co.: 53-119.
- DOBSON, F.W. 1983. The CAGE Experiment. Large-scale oceanographic experiments in the WCRP. Proceedings of JSC/CCCO Study Conference, Tokyo, 10-21 May 1983. WCRP-1, 2, World Meteorological Organization, Geneva: 419-436.
- DOBSON, F.W., BRETHERTON, F.P., BURRIDGE, D.M., CREASE, J., and KRAUS, E.B. 1982. The CAGE Experiment: A Feasibility Study. Report WCP-22, World Meteorological Organization, Geneva: 95 p.
- DOEVEN, P.H. 1983. Cretaceous nannofossil stratigraphy and paleoecology of the northwestern Atlantic. Geological Survey of Canada, *Bulletin* 356: 69 p.
- DRINKWATER, K.F. 1983. Moored current meter data from Hudson Strait, 1982. Canadian Data Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 381.
- DRINKWATER, K.G., TAYLOR, G., and PETRIE, L. 1983. Temperature, salinity and Sigma-t distributions in the southeastern Magdalen Shallows, eastern Northumberland Strait and St. Georges Bay during July 1981. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 1144.
- EATON, R.M., ANDERSON, N.M., and EVANGELATOS, T.V. 1983. The electronic chart. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 67: 188-195.
- FADER, G.B. 1983. Sparker seismic reflection profiles; Bay of Fundy from Grand Manan



HEINZ WIELE

**Mark Stoffyn
au
laboratoire.**

- Island to Chignecto Bay. Geological Survey of Canada, *Open File Report 898*.
- FALKOWSKI, P.G., VIDAL, J., HOPKINS, T.S., ROWE, G.T., WHITLEDGE, T.E., and HARRISON, W.G. 1983. Summer nutrient dynamics in the Middle Atlantic Bight: Primary production and utilization of phytoplankton carbon. *Journal of Plankton Research* 5: 515-537.
- FARROW, G.E., SYVITSKI, J.P.M., and TUNNICLIFFE, V. 1983. Suspended particulate loading on the macrobenthos in a highly turbid fjord – Knight Inlet, British Columbia. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40 (Supplement 1): 273-288.
- FARRINGTON, J.W., VANDERMEULEN, J.H., and COOK, D.G. (Editors). 1983. Proceedings of the Conference on Pollution in the North Atlantic Ocean. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40 (Supplement 2): 362 p.
- FASHAM, M. and PLATT, T. 1983. Photosynthetic response of phytoplankton to light: a physiological model. *Proceedings of the Royal Society of London B* 219: 355-370.
- FODA, A., VANDERMEULEN, J.H., and WRENCH, J.J. 1983. Uptake and conversion of selenium by a marine bacterium. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40 (Supplement 2): 215-220.
- FORBES, D.L. 1983. Morphology and sedimentology of a sinuous gravel-bed channel system: Lower Babage river, Yukon Coastal Plain, Canada. In *Modern and Ancient Fluvial Systems*; Eds. J.D. Collinson and J. Lewin. Oxford; Blackwell: 195-206.
- FORDJOR, C.K., BELL, J.S., and GOUGH, D.I. 1983. Breakouts in Alberta and stress in the North American Plate. *Canadian Journal of Earth Sciences* 20 (9): 1445-1455.
- FOWLER, G.M. and SMITH, S.J. 1983. Length changes in silver hake (*Merluccius bilinearis*) larvae: Effects of formalin, ethanol, and freezing. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40: 866-870.
- FRANK, K.T. and LEGGETT, W.C. 1983. Multispecies larval fish association: Accident or adoption? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40: 754-762.
- FRANK, K.T. and LEGGETT, W.C. 1983. Survival value of an opportunistic life-stage transition in capelin (*Mallotus villosus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40: 1442-1448.
- FU, T. and POCKLINGTON, R. 1983. Marine organic chemistry: Master reference list. Canadian Data Report of Hydrography and Ocean Sciences 24: 89 p.
- FU, T. and POCKLINGTON, R. 1983. Quantitative adsorption of organic matter from seawater on solid matrices. *Marine Chemistry* 13: 255-264.
- GAGNÉ, J.A., CURRIE, L., and WAIWOOD, K. 1983. The offshore cod fishery in 4X: A biological update. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, *Research Document 83/43*.
- GAGNÉ, J.A. and O'BOYLE, R. 1983. The timing of cod spawning on the Scotian Shelf. *Flødevigen rapportser 1*: 501-517.
- GAGNÉ, J.A., SINCLAIR, A.F., and CURRIE, L. 1983. Status of the 4V cod stock. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, *Research Document 83/56*.
- GALLEGOS, C.L., PLATT, T., HARRISON, W.G., and IRWIN, B. 1983. Photosynthetic parameters of Arctic marine phytoplankton: Vertical variations and time scales of adaptation. *Limnology and Oceanography* 28: 1231-1237.
- GARTNER-KEPKAY, K.E., ZOUROS, E., DICKIE, L.M., and FREEMAN, K.R. 1983. Genetic differentiation in the face of gene flow: A study of mussel ations from a single Nova Scotian embayment. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40: 443-451.
- GASCARD, J.-C. and CLARKE, R.E. 1983. The formation of Labrador Sea water. Part 2: Meso and smaller scale processes. *Journal of Physical Oceanography* 13: 1779-1797.
- GOUGH, D.I., FORBES, C.K., and BELL, J.S. 1983. A stress province boundary and tractions on the North American plate. *Nature* 305: 619-621.
- GORDON, D.C. JR. and DESPLANQUE, C. 1983. Dynamics and environmental effects of ice in the Cumberland Basin of the Bay of Fundy. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40: 1331-1342.
- GRADSTEIN, F.M. 1983. Cenozoic stratigraphy using agglutinated foraminifera. In *Proceedings of the Workshop on Arenaceous Foraminifera* (1st, Amsterdam, Netherlands, 1981); Eds. J.G. Verdenius, J.E. Van Hinte, and A.R. Fortuin. Continental Shelf Institute, Trondheim, Norway: 247-249.
- GRADSTEIN, F.M., BERGGREN, W.A., KAMINSKI, M.J., and MILLER, K.G. 1983. Paleobathymetry of Late Cretaceous – Paleogene agglutinated (flysch type) benthic foraminiferal faunas and a modern analog. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 67: 473.
- GRADSTEIN, F.M., MILLER, K., and BERGGREN, W.A. 1983. Depth independence of flysch-type agglutinated foraminifera. In *Proceedings of the Workshop on Arenaceous Foraminifera* (1st, Amsterdam, Netherlands, 1981); Eds. J.G. Verdenius, J.E. Van Hinte, and A.R. Fortuin. Continental Shelf Institute, Trondheim, Norway: 57-58.
- GRAVES, M. 1983. A survey of the published literature on sampling and in-situ measurements on physical properties in the vicinity of the ocean's bottom. Geological Survey of Canada, *Open File Report No. 919*.
- GREENBERG, D.A. 1983. Modelling of the mean barotropic radiation field of an eddy over a slope. *Journal of Physical Oceanography* 13: 886-904.
- GREENBERG, D.A. 1983. The effects of tidal power development on the physical oceanography of the Bay of Fundy and Gulf of Maine. In *The Effects of the Proposed Tidal-Hydroelectric Project in the Bay of Fundy – Proceedings of the hearing of the U.S. Senate Committee on Environment and Public Works in Augusta, Maine, July 25, 1984*. U.S. Government Printing Office, Washington.
- GREENBERG, D.A. 1983. The effects of tidal power development on the physical oceanography of the Bay of Fundy and Gulf of Maine. Published in the *Proceedings of the Fundy Environmental Studies Committee Meeting on marine environmental consequences of tidal power development in the upper reaches of the Bay of Fundy, November 8-10, Moncton, N.S.*
- GREENBERG, D.A. and AMOS, C.L. 1983. Suspended sediment transport and deposition modelling in the Bay of Fundy, Nova Scotia – A region of potential tidal power development. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40 (Supplement 1): 20-34.
- HACQUEBARD, P.A. 1983. Geological development and economic evaluation of the Sydney Coal Basin, Nova Scotia. Geological Survey of Canada, *Paper 83-1A*: 71-81.
- HALLIDAY, R.G. 1983. Biological input on groundfish management plan. *Fisheries News* 3: 3-4.
- HANSEN, P.-D., ADDISON, R.F., and WILLIS, D.W. 1983. Hepatic microsomal σ -de-ethylases in cod (*Gadus morhua*): Their induction by Aroclor 1254 but not by Aroclor 1016. *Comparative Biochemistry and Physiology* 74C: 173-175.
- HARDING, G.C., DRINKWATER, K.F., and VASS, W.P. 1983. Factors influencing the size of American lobster (*Homarus americanus*) stocks along the Atlantic coast of Nova Scotia, Gulf of St. Lawrence, and Gulf of Maine: A new synthesis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40: 186-184.

HARRISON, W.G. 1983. The time course of uptake of inorganic and organic nitrogen compounds of phytoplankton from the eastern Canadian Arctic: A comparison with temperate and tropical populations. *Limnology and Oceanography* 28: 1231-1237.

HARRISON, W.G. 1983. Uptake and recycling of soluble reactive phosphorus by marine microplankton. *Marine Ecology Progress Series* 10: 127-135.

HARRISON, W.G. 1983. Use of isotopes. In *Nitrogen in the Marine environment*; Eds. E. T. Carpenter and D.G. Capone. New York; Academic Press: 763-807.

HARRISON, W.G., DOUGLAS, D., FALKOWSKI, P., ROWE, G., and VIDAL, J. 1983. Summer nutrient dynamics of the Middle Atlantic Bight: Nitrogen uptake and regeneration. *Journal of Plankton Research* 5: 539-556.

HAWORTH, R. T. and JACOBI, R.D. 1983. Geophysical correlation between the geological zonation of Newfoundland and the British Isles. In *Contributions to the Tectonics and Geophysics of Mountain Chains*; Eds. R. D. Hatcher Jr., H. Williams, and I. Zietz. *Geological Society of America, Memoir* 158: 25-32.

HEAD, E.J.H. and CONOVER, R.J. 1983. Induction of digestive enzymes in *Calanus hyperboreus*. *Marine Biology Letters* 4: 219-231.

HERMAN, A. W. and PLATT, T. 1983. Numerical modelling of diel carbon production and zooplankton grazing on the Scotian Shelf based on observational data. *Ecological Modelling* 18: 55-72.

HILL, P.R. 1983. Detailed morphology of a small area on the Nova Scotian continental slope. *Marine Geology* 53: 55-76.

HILL, P.R. and BOWEN, A.J. 1983. Modern sediment dynamics at the shelf-slope boundary off Nova Scotia. In *The Shelf Break; Critical Interface on Continental Margins*; Eds. D.J. Stanley and G.T. Moore. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication* 33: 265-276.

HILL, P.R., PIPER, D.J.W., and NORMARK, W.R. 1983. Pisces IV submersible dives on the Scotian Slope at 63°W. Geological Survey of Canada, *Paper* 83-1A: 65-69.

HOGANS, W.E., BRATTEY, J., UHAZY, L.S., and HURLEY, P.C.F. 1983. Helminth parasites of swordfish (*Xiphias gladius* L.) from the northwest Atlantic Ocean. *Journal of Parasitology* 69: 1178-1179.

HUNT, J.J. 1983. Herring gonadosomatic index in relation to maturity stage. Canadian Atlantic



KELLY BENTHAM



Récemment, le Centre géoscientifique de l'Atlantique a institué un dépôt ultra-moderne de carottes, qui est également un centre de conservation, contenant plus de 7 000 échantillons prélevés dans l'est du Canada et les régions du large de l'Arctique. En haut, Joe Younger et Iris Hardy coupent une carotte de sédiments en deux; une moitié sera entreposée et l'autre sera recoupée et analysée. En bas, Donna Holt récupère la moitié qui servira à l'étude.

Fisheries Scientific Advisory Committee, *Research Document* 83/53.

HUNTE, W. and MAHON, B. 1983. How important are migratory patterns of pelagic fishes in the Caribbean. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Fisheries Report No. 278, Supplement: 165-175.

HUNTE, W. and MAHON, R. 1983. Life history and exploitation of *Macrobrachium fastinum* in a tropical high gradient river. *Fishery Bulletin* 81: 654-660.

HURLEY, P.C.F., COREY, S., and ILES, T.D. 1983. Distributional patterns of chaetognaths in the Bay of Fundy. *Canadian Journal of Zoology* 61: 2257-2265.

HURLEY, P.C.F. and ILES, T.D. 1983. Age and growth determination of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) using otoliths. In *Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes and Sharks*; Eds. E.D. Prince and L.M. Pulos. National Marine Fisheries

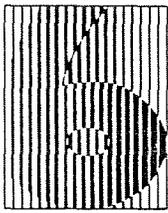
- Service 8. National Oceanic and Atmospheric Administration Technical Report: 71-75.
- HURLEY, P.C.F. and O'BOYLE, R.N. 1983. An evaluation of the current 5Z population characteristics during 1960-82 with yield projected to 1984. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, *Research Document 83/77*.
- IRWIN, B., CAVERHILL, C., SUBBA RAO, D.V., CARVER, C., and PLATT, T. 1983. Primary productivity measurements in the chlorophyll maximum in the vicinity of the Mid-Atlantic Ridge, west of the Azores, from 8 July to 25 July 1982. Canadian Data Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 402.
- IRWIN, B., HARRIS, L., DICKIE, P., LINDLEY, P., and PLATT, T. 1983. Phytoplankton productivity in the eastern Canadian Arctic during July and August 1980. Canadian Data Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 386.
- IRWIN, B., HARRIS, L., HODGSON, M., HORNE, E., and PLATT, T. 1983. Primary productivity and nutrient measurements in northern Foxe Basin, N.W.T., from August 27 to September 7, 1981. Canadian Data Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 385.
- IRWIN, B., HARRISON, W.G., and PLATT, T. 1983. Plankton dynamics in Bedford Basin, Nova Scotia: Phytoplankton productivity experiments and nutrient measurements from February 13, 1978 until March 14, 1979. Canadian Data Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 272.
- IRWIN, B., LINDLEY, P., GALLEGOS, C.L., and PLATT, T. 1983. Phytoplankton productivity experiments on the Scotian Shelf from April 18 to May 2, 1979. Canadian Data Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 384.
- IRWIN, B., PLATT, T., LINDLEY, P., FASHAM, M.J., and JONES, K. 1983. Phytoplankton productivity in the vicinity of a front southwest of the Azores during May 1981. Canadian Data Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 400.
- JACKSON, H.R. 1983. Rotation poles for the eastern Arctic and implications for Nares Strait. *In International Union of Geodesy and Geophysics General Assembly (18th, 1983, Hamburg, Germany), IUGG Interdisciplinary Symposia, Hamburg, v. 2: 211.*
- JACKSON, H.R. and REID, I. 1983. Oceanic magnetic anomaly amplitudes: Variation with sea-floor spreading rate and possible implications. *Earth and Planetary Science Letters 63: 368-378.*
- JONES, E.P. 1983. Tracers in the sea. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 40: 1846-1847.*
- JONES, E.P., COOTE, A.R., and LEVY, E.M. 1983. Effect of sea-ice meltwater on the alkalinity of seawater. *Journal of Marine Research 41: 43-52.*
- JONES, H.W., EATON, R.M., and WILSON, J. 1983. UHF syledis for coastal survey positioning. Proceedings of the U.S. National Ocean Science Conference (April 1983).
- JOSEPH, H.W. 1983. Evidence of pre-Late Wisconsinian glaciations in the Labrador Shelf-Cartwright Saddle region. *Canadian Journal of Earth Sciences 20: 225-235.*
- KAMPP, K. 1983. The Thick-billed murres in Greenland: movements, mortality and hunting – an analysis of 35 years of banding. (Translation from Danish by R.G.B. Brown.) Science Candidate Thesis, Kobenhavns Universitet. Canadian Wildlife Service, "Studies on northern seabirds," Manuscript Report No. 170: 1-167.
- KEEN, C.E. 1983. Salt diapirs and thermal maturity: Scotian Basin. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology 31: 101-108.*
- KEEN, C.E., BEAUMONT, C., and BOUTILIER, R. 1983. A summary of thermomechanical model results for the evolution of continental margins based on three rifting processes. *In Studies in Continental Margin Geology; Eds. J.S. Watkins and C.L. Drake. American Association of Petroleum Geologists Memoir 34: 725-728.*
- KEEN, C.E., PIPER, D.J.W., and KEEN, M.J. 1983. Canada – Its role in international marine geoscience. *In The Geosciences in Canada, 1980; Part 1. Marine Geoscience in Canada, A status report; prepared and edited by the Marine Geoscience Committee, Canadian Geoscience Council. Geological Survey of Canada, Paper 81-6 (Part 1): 53-55.*
- KEEN, C.E., REID, I., and EWING, J. 1983. Continuity of oceanic crust across a rifted continental margin and the role of partial melting in the rifting process. *In International Union of Geodesy and Geophysics General Assembly (18th, 1983, Hamburg, Germany), Inter-Union Commission on the Lithosphere, Hamburg: 60.*
- KEEN, M.J. 1983. International phase of ocean drilling: Canadian participation. *In The Geosciences in Canada, 1980; Part 1. Marine Geoscience in Canada, A status report, prepared and edited by the Marine Geoscience Committee, Canadian Geoscience Council. Geological Survey of Canada, Paper 81-6 (Part 1): 55-58.*
- KEEN, M.J. 1983. Ocean drilling program: Producing geological maps of the seabed. *Northern Miner 69: B1-B2.*
- KEEN, M.J. 1983. Practical problems and issues and the earth sciences offshore. Geological Survey of Canada, *Paper 83-8: 1.*
- KEEN, M.J. 1983. The federal environmental assessment review process. *In The Geosciences in Canada, 1980; Part 1. Marine Geoscience in Canada, A status report; prepared and edited by the Marine Geoscience Committee, Canadian Geoscience Council. Geological Survey of Canada, Paper 81-6 (Part 1): 48-50.*
- KEEN, M.J., SLY, P.G., HYNDMAN, R.D., and LEWIS, C.P. 1983. Marine geosciences in the government of Canada. *In The Geosciences in Canada, 1980; Part 1. Marine Geoscience in Canada, A status report, prepared and edited by the Marine Geoscience Committee, Canadian Geoscience Council. Geological Survey of Canada, Paper 81-6 (Part 1).*
- KENCHINGTON, T.J. 1983. Comment on "Meristic variation in beaked redfishes, *Sebastes mentella* and *S. fasciatus*, in the northwest Atlantic. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 40: 1532-1533.*
- KENCHINGTON, T.J. 1983. Morphological characteristics of Scotian Shelf redfish (*Sebastes* spp.) and rosefish (*Helicolenus dactylopterus*). Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 1707.
- KEPKAY, P.E. 1983. Kinetics of bacterial manganese oxidation and trace metal binding. *In Selected papers from the 6th International Symposium on Environmental Biogeochemistry. Van Nostrand Reinhold, New York.*
- KERR, S.R. 1983. Fisheries studies in freshwater and their relevance to marine systems. Northwest Atlantic Fisheries Organization, *Scientific Council Report 83/IX/86.*
- KERR, S.R. 1983. Review of "Marine Fisheries Ecosystem: Its Quantitative Evaluation and Management," edited by T. Laevastu and H. A. Larkins. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 40: 386-387.*
- KOELLER, P.A. 1983. Update on 4VWX argentine. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, *Research Document 83/39.*
- KOELLER, P.A. and SMITH, S.J. 1983. Preliminary analysis of *A.T. Cameron – Lady Hammond* comparative fishing experiments 1979-81. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, *Research Document 83/59.*
- KULKA, D. and WALDRON, D. 1983. The Atlantic Observer Program – A discussion of sampling from commercial catches at sea. *In Sampling Commercial Catches of Marine Fish and Invertebrates. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 66: 255-262.*

- LADLE STUDY GROUP (WHITMARSH, R.B., KEEN, C.E., STEINMETZ, L., TOMBLIN, J., DONEGAN, M., LILWALL, R.C., LONCAREVIC, B.D., NICHOLS, B. and SHEPARD, J.). 1983. A lithospheric seismic refraction profile in the western North Atlantic Ocean. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* 75: 23-69.
- LAWRENCE, D.J. and TRITES, R.W. 1983. Surface oil spill trajectory modelling for Georges and Browns Banks. Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences No. 29.
- LEGGETT, W.C., FRANK, K.T., and CARSCADDEN, J.E. 1983. Estimating year-class strength in capelin (*Mallotus villosus*) from abiotic variables. Northwest Atlantic Fisheries Organization, *Scientific Council Report 83/VI/52 (Series N170)*: 19 p.
- LEVY, E.M. 1983. Background levels of volatile hydrocarbons and petroleum residues in the waters and sediments of the Grand Banks. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40 (Supplement 2): 23-33.
- LEVY, E.M. 1983. Baseline levels of volatile hydrocarbons and petroleum residues in the waters and sediments of the Grand Banks. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40 (Supplement 2): 23-33.
- LEVY, E.M. 1983. Commentary: What impact will the oil industry have on seabirds in the Canadian Arctic? *Arctic* 36: 1-4.
- LEWIS, M.R., CULLEN, J.J., and PLATT, T. 1983. Phytoplankton and thermal structure in the upper ocean: Consequences of non-uniformity in chlorophyll profile. *Journal of Geophysical Research* 88: 2565-2570.
- LEWIS, M.R., CULLEN, J.J., and PLATT, T. 1983. Relationship between vertical mixing and photo-adaption of phytoplankton: Similarity criteria. *Marine Ecology Progress Series* 15: 141-149.
- LEWIS, M.R. and SMITH, J.C. 1983. A small volume, short-incubation time method for measurement of photosynthesis as a function of incident irradiance. *Marine Ecology Progress Series* 13: 99-102.
- LI, W.K.W. 1983. Consideration of errors in estimating kinetic parameters based on Michaelis-Menten formalism in microbial ecology. *Limnology and Oceanography* 28: 185-190.
- LI, W.K.W., SUBBA RAO, D.V., HARRISON, W.G., SMITH, J.C., CULLEN, J.J., IRWIN, B., and PLATT, T. 1983. Autotrophic picoplankton in the tropical ocean. *Science* 219: 292-295.
- LIVELY, R.R. 1983. Avalon Channel-Newfoundland temperature, salinity, and sigma-t sections. Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences No. 24.
- LOCK, A.R., CURRIE, T., and BROWNLIE, J. 1983. A census of tern colonies on the Atlantic coast of mainland Nova Scotia. Canadian Wildlife Service, "Studies on northern seabirds," Manuscript Report No. 171: 1-7.
- LOCK, A.R., CURRIE, T., and BROWNLIE, J. 1983. Cormorant colonies on the Atlantic coast of mainland Nova Scotia. Canadian Wildlife Service, "Studies on northern seabirds," Manuscript Report No. 172: 109.
- LONCAREVIC, B.D. 1983. Ocean bottom seismometry. In CRC Handbook of Geophysical Exploration at Sea. Boca Raton, Florida: CRC Press, Inc.: 219-263.
- LORING, D.H., RANTALA, R.T.T., MORRIS, A.W., BLAKE, A.J., and HOWLAND, R.J.M. 1983. Chemical composition of suspended particles in an estuarine turbidity maximum zone. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40 (Supplement 1): 20, Hydrography and Ocean Sciences No. 4.
- LORING, D.H., RANTALA, R.T.T., and SMITH, J.N. 1983. Response time of Saguenay Fjord sediments to metal contamination. *Environmental Biogeochemistry and Ecology Bulletin* 35: 59-72.
- LOUIS, J.P., PETRIE, B.D., and SMITH, P.C. 1982. Observations of topographic Rossby waves on the continental margin off Nova Scotia. *Journal of Physical Oceanography* 12: 47-55.
- LOUIS, J.P. and SMITH, P.C. 1982. The development of the barotropic radiation field of an eddy over a slope. *Journal of Physical Oceanography* 12: 56-73.
- MacLEAN, B. and WILLIAMS, G.L. 1983. Geological investigations of the Baffin Island Shelf in 1982. Geological Survey of Canada, *Paper 83-1B*: 309-315.
- MACNAB, R. 1983. Multiparameter mapping off the east coast of Canada. Geological Survey of Canada, *Paper 83-1A*: 163-171.
- MACNAB, R. 1983. Multiparameter surveys in the offshore: Broadening the dimensions of hydrography. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 67: 149-156.
- MACNAB, R. 1983. Shipac: A software package for the shipboard processing of marine geophysical survey data. Geological Survey of Canada, *Paper 83-1B*: 327-330.
- MACNAB, R., WOODSIDE, J., and LONCAREVIC, B. 1983. Rebuilding a large inventory of marine geophysical survey data: A case study. In International Union of Geodesy and Geophysics General Assembly (18th, 1983, Hamburg, Germany), IUGG Interdisciplinary Symposia, Hamburg: v. 1: 250.
- MAHON, R. 1983. The long-term effects of decreased fishing mortality on the age/size composition and variability of catch of 4VW haddock. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, *Research Document* 83/65.
- MAHON, R., SIMPSON, P., and WALDRON, D.E. 1983. Eastern Scotian Shelf haddock (4VW): Stock status in 1982 and projections to 1984. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, *Research Document* 83/47.
- MAHON, R. and WHITE, G.N. 1983. The effect of temporal trends in size-at-age on $F_{0.1}$ for 4VW haddock. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, *Research Document* 83/48.
- MALLETT, A.L. and HALEY, L.E. 1983. Effects of inbreeding on larval and spat performance in the American oyster. *Aquaculture* 33: 229-235.
- MALLETT, A.L. and HALEY, L.E. 1983. Growth rate and survival in pure population matings and crosses of the oyster *Crassostrea virginica*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40: 948-954.
- McGLADE, J., ANNAND, C., and KENCHINGTON, T. 1983. Electrophoretic identification of *Sebastes* and *Helicolenus* in the northwestern Atlantic. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40: 1861-1870.
- McGLADE, J.M., BEANLANDS, D., and ANNAND, M.C. 1983. Stock status of pollock in NAFO Division 4VWX and Subarea 5. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, *Research Document* 83/34.
- McGLADE, J.M. and SMITH, S.J. 1983. Principal component methods for exploratory data analysis of commercial length-frequency data. In Sampling Commercial Catches of Marine Fish and Invertebrates; Eds. W.G. Doubleday and D. Rivard. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 66: 235-239.
- METUZALS, K.I. and HURLEY, P.C.F. 1983. Preliminary analysis of the Canadian Atlantic Bluefin tuna fishery during 1982. International Commission for the Conservation of Atlantic tunas, *Collective Volume of Scientific Papers XVIII(2)*: 434-442.
- MILLER, R.O., MACNAB, R., AMOS, C.L., and FADER, G.B. 1983. Canadian east coast multiparameter surveys, 1982. Geological Survey of Canada, *Paper 83-1B*: 331-334.

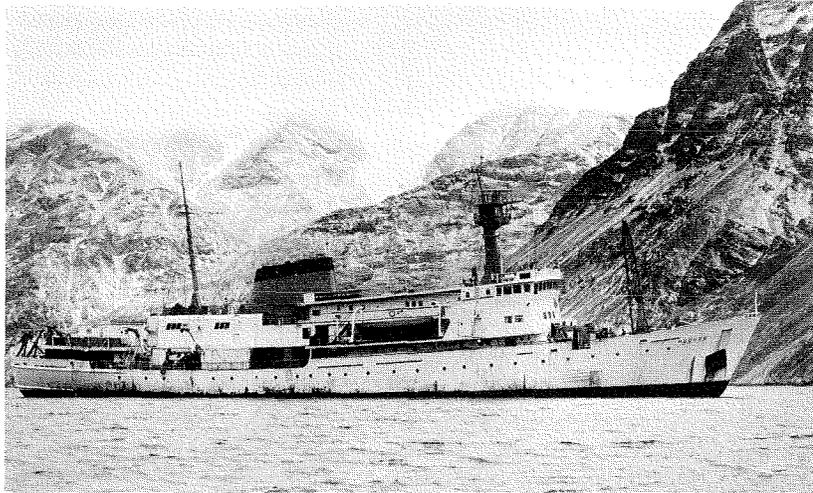
- MOORE, R.M., LOWINGS, M.G., and TAN, F.C. 1983. Geochemical profiles in the central Arctic Ocean: Their relation to freezing and shallow circulation. *Journal of Geophysical Research* 88: 2667-2674.
- MUDIE, P.J. and HELGASON, J. 1983. Palynological evidence for Miocene climatic cooling in eastern Iceland about 9.8 million years ago. *Nature* 303: 689-692.
- NEEDLER, G.T., BEWERS, J.M., and HAGEN, A.A. 1983. Oceanographic model and radiologic basis for control of radionuclide releases. International Atmospheric Energy Agency, International Conference on Radioactive Waste Management, Seattle, Washington, May 16-20, 1983.
- NEILSON, J.D. and BANFORD, C.E. 1983. Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) spawner characteristics in relation to real physical features. *Canadian Journal of Zoology* 61: 1524-1531.
- NORMARK, W.R., PIPER, D.J.W., and STOW, D.A.V. 1983. Quaternary development of channels, levees, and lobes on the middle Laurentian Fan. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 67: 1400-1409.
- O'BOYLE, R.N. 1983. An evaluation of the 5Ze haddock population characteristics during the 1963-1982 period with yield projected to 1984. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, *Research Document* 83/76.
- O'BOYLE, R.N., CLEARLY, L., and McMILLAN, J. 1983. Determination of the size composition of the landed catch of haddock from NAFO Division 4X during 1968-1981. In *Sampling Commercial Catches of Marine Fish and Invertebrates*; Eds. W.G. Doubleday and D. Rivard. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 66: 216-234.
- O'BOYLE, R.N., WAIWOOD, K., and McMILLAN, J. 1983. An evaluation of the 4X haddock population characteristics during 1962-1982 with yield projections to 1984. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, *Research Document* 83/34.
- OGG, J.G., ROBERTSON, A.H.F., and JANS, L.F. 1983. Jurassic sedimentation history of site 354 (western North Atlantic) and of the Atlantic-Tethys seaway. In *Initial Reports of the Deep-Sea Drilling Project*; R.E. Sheridan, F.M. Gradstein, et al. Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, v. 76: 829-884.
- PEMPKOWIAK, J. 1983. C13 reversed-phase trace enrichment of short and long-chain (C2-C8-C20) fatty acids from dilute aqueous solutions and sea water. *Journal of Chromatography* 258: 93-102.
- PEMPKOWIAK, J. and POCKLINGTON, R. 1983. Phenolic aldehydes as indicators of the origin of humic substances in marine environments. In *Aquatic Terrestrial Humic Materials* (Chapter 18); Eds. R.F. Christman and E.T. Gjessing. Ann Arbor; Ann Arbor Science Publishers: 538 p.
- PETRIE, B. 1983. Current response at the shelf break to transient wind forcing. *Journal of Geophysical Research* 88: 9567-9578.
- PETRIE, B. and ANDERSON, C. 1983. Circulation on the Newfoundland Continental Shelf. *Atmosphere-Ocean* 21(2): 207-226.
- PLATT, J.F. and NETTLESHIP, D.N. 1983. Diving depths of four alcids in Newfoundland. Canadian Wildlife Service, "Studies on northern seabirds," Manuscript Report No. 129: 1-13.
- PIPER, D.J.W. and NORMARK, W.R. 1983. Turbidite depositional patterns and flow characteristics, Navy Submarine Fan, California Borderland. *Sedimentology* 30: 681-694.
- PIPER, D.J.W., SPARKES, R., FARRE, J.A., and SHOR, A. 1983. Mid-range sidescan and 4.5 kHz subbottom profiler survey of mass-movement features, Scotian Slope at 61°40'W. Geological Survey of Canada, *Open File Report* 938.
- PLATT, T. and HERMAN, A.W. 1983. Remote sensing of phytoplankton in the sea: Surface layer chlorophyll as an estimate of water-column chlorophyll and primary production. *International Journal of Remote Sensing* 4: 343-351.
- PLATT, T., SUBBA RAO, D.V., and IRWIN, B. 1983. Photosynthesis of picoplankton in the oligotrophic ocean. *Nature* 300: 702-704.
- PLATT, T., SUBBA RAO, D.V., SMITH, J.C., LI, W.K.W., IRWIN, B., HORNE, E., and SAMEOTO, D.D. 1983. Photosynthetically-competent phytoplankton from the aphotic zone of the deep ocean. *Marine Ecology Progress Series* 10: 105-110.
- PRINSENBURG, S.J. 1983. Effects of the hydroelectric developments on the oceanographic surface parameters of Hudson Bay. *Atmosphere-Ocean* 21: 418-430.
- QUON, C. 1983. Convection induced by insulated boundaries in a square. *Physics of Fluids* 26: 632-637.
- QUON, C. 1983. Effects of grid distribution on the computation of high Rayleigh number convection in a differentially heated cavity. In *Numerical Properties and Methodologies in Heat Transfer*; Ed. T.M. Shih. New York; Springer-Verlag and Berlin; Hemisphere Publishing Corp.: 261-281.
- RADTKE, R.L. and HURLEY, P.D.F. 1983. Age estimation and growth of broadbill swordfish (*Xiphias gladius*), from the northwest Atlantic based on external features of otoliths. In *Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Ocean Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes and Sharks*; Eds. E.D. Prince and L.M. Pulos. National Marine Fisheries Service 8, National Oceanic and Atmospheric Administration Technical Report.
- REID, I., KEEN, C.E., and EWING, J. 1983. Continuity of oceanic crust beneath a rifted continental margin and partial melting in the rifting process. *EOS* 64: 757.
- RULLKOTTER, J., VUCHEV, V., HINZ, K., WINTERER, E.L., BAUMGARTNER, P.O., BRADSHAW, M.J., CHANNELL, J.E.T., JAFFREZO, M., JANS, L.F., LECKIE, R.M., MOORE, J.M., SCHAFTENAAR, C., STEIGNER, T.H., and WIEGAND, G.E. 1983. Potential deep-sea petroleum source beds related to coastal upwelling. In *Coastal Upwelling: Its sediment record. Part B: Sedimentary Records of Ancient Coastal Upwelling*; Eds. J. Theide and E. Suess. New York: Plenum Press: 467-483.
- RYDER, R.A. and KERR, S.R. 1983. Reducing the risk of fish introductions: A rational approach to the management of integrated coldwater communities. European Inland Fisheries Advisory Committee, Symposium on Stock Enhancement in the Management of Freshwater Fisheries, Budapest, Hungary: 24 p.
- RYNN, J.M.W. and REID, I.D. 1983. Crustal structure of the western Arafura Sea from ocean bottom seismograph data. *Journal of the Geological Society of Australia* 30 (1/2): 59-74.
- SAMEOTO, D.D. 1983. Euphausiid distribution in acoustic scattering layers and its significance to surface swarms. *Journal of Plankton Research* 5: 129-143.
- SAMEOTO, D.D. 1983. Micronekton sampling using a new multiple-net sampler, the Bioness, in conjunction with a 120 kHz sounder. In *SCOR Symposium on Methods of Sampling Micronekton*; Ed. W.G. Percy. Crane, Russak and Company, Inc., U.S.A. *Biological Oceanography* 2: 179-198.
- SCHAFER, C., COLE, F., and CARTER, L. 1983. Paraecology of bathyal zone arenaceous Foraminifera genera and species assemblages off northeast Newfoundland. In *Proceedings of the Workshop on Arenaceous Foraminifera* (1st, Amsterdam, Netherlands, 1981); Eds. J.G. Verdenius, J.E. Van Hinte, and A.R. Fortuin. Continental Shelf Institute, Trondheim, Norway: 133-145.

- SCHAFFER, C.T. and SMITH, J.N. 1983. River discharge, sedimentation and benthic environmental variations in inner Miramichi Bay. *Canadian Journal of Earth Sciences* 20: 388-398.
- SCHWINGHAMER, P. 1983. Generating ecological hypotheses from biomass spectra using causal analysis: a benthic example. *Marine Ecology Progress Series* 13: 151-166.
- SCHWINGHAMER, P., TAN, F.C., and GORDON, D.C. JR. 1983. Stable carbon isotope studies on the Pecks Cove mudflat ecosystem in the Cumberland Basin, Bay of Fundy. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40 (Supplement 1): 262-272.
- SCOTT, D., GRADSTEIN, F., SCHAFFER, C., MILLER, A., and WILLIAMSON, M. 1983. The Recent as a key to the past: Does it apply to agglutinated foraminiferal assemblages? In Proceedings of the Workshop on Arenaceous Foraminifera (1st, Amsterdam, Netherlands, 1981); Eds. J.G. Verdenius, J.E. Van Hinte, and A.R. Fortuin. Continental Shelf Institute, Trondheim, Norway: 147-157.
- SCOTT, D.B. and GREENBERG, D.A. 1983. Relative sea-level rise and tidal development in the Fundy tidal system. *Canadian Journal of Earth Sciences* 20: 1554-1564.
- SCOTT, J.S. 1983. Canadian Research Report to NAFO, Section II. Northwest Atlantic Fisheries Organization, *Scientific Council Summary Document 83/VIII*: 9-13.
- SCOTT, J.S. 1983. Inferred spawning areas and seasons of groundfishes on the Scotian Shelf. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 1212.
- SCOTT, J.S. 1983. Program of research by Canada (Scotia-Fundy Region) in the NAFO area for 1983. Northwest Atlantic Fisheries Organization, *Circular Letter 83/38*.
- SHIH, K.G., DOHERTY, F., and MACNAB, R. 1983. A fast polynomial approximation of the international geomagnetic reference fields. Geological Survey of Canada, *Paper 83-1A*: 486.
- SHIH, K.G. and MACNAB, R. 1983. A gravity map of the Canadian east coast offshore: A demonstration of computer techniques for the construction of regional contour maps from large data sets. Geological Survey of Canada, *Paper 83-1B*: 429-431.
- SHIH, K.G. and MACNAB, R.F. 1983. Computer contouring of marine survey data: Choosing the best technique for gridding input data. Geological Survey of Canada, *Paper 83-1A*: 173-178.
- SHOTTON, R. 1983. Linearity of echo response from herring schools. International Council for the Exploration of the Sea C.M. 1983/B:33: 20 p.
- SILVA, A.J., MORAN, K., and ACKERS, S.A. 1983. Stress-strain-time behavior of deep sea clays. *Canadian Geotechnical Journal* 20: 517-531.
- SILVERT, W. 1983. Ecological modelling with electronic spreadsheets. *Canadian Mathematical Society, Applied Mathematics Notes*: 1-8.
- SILVERT, W. 1983. Is dynamical systems theory the best way to understand ecosystem stability? In *Population Biology*; Eds. H.E. Freedman and C. Strobeck. Springer-Verlag *Lecture Notes in Mathematics* 52: 366-371.
- SILVERT, W. 1983. Review of energetics and systems. *Transactions of the American Fisheries Society* 112: 230-232.
- SILVERT, W. 1983. Teaching ecological modelling with electronic spreadsheets. *Collegiate Microcomputer* 2: 129-133.
- SIMON, J. and STOBO, W.T. 1983. The 1982-1983, 4Vn herring biological update. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, *Research Document 83/49*.
- SINCLAIR, A., HAMOR, T., SCIOCCHETTI, R., VAN HELVOORT, G., and WALDRON, D. 1983. Conversion factors for silver hake on four Soviet trawlers fishing in 1981. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, *Research Document 83/2*.
- SINCLAIR, M., MAGUIRE, J.J., KOELLER, P.A., and SCOTT, J.S. 1983. Trophic dynamic models in the light of current resource inventory data and stock assessment results. *Rapports et Procès-Verbaux des réunions, Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 183: 269-284.
- SINCLAIR, M., O'BOYLE, R., and ILES, T.D. 1983. Consideration of the stable age distribution assumption in "analytical" yield models. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40: 95-101.
- SINCLAIR, A., SCIOCCHETTI, R., and TUCKER, H. 1983. Cod fillet conversion factors from French vessels in 1983. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, *Research Document 83/41*.
- SMITH, J.C., PLATT, T., and HARRISON, W.G. 1983. Photoadaptation of carboxylating enzymes and photosynthesis during a spring bloom. *Progress in Oceanography* 12: 425-459.
- SMITH, J.N., ELLIS, K., and BISHOP, F.J. 1983. Pre-operational environmental monitoring report for the Point Lepreau, N.B., nuclear generating station - 1981. Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences No. 4.
- SMITH, P.C. 1983. Eddies and Coastal Interactions. In *Eddies in Marine Science* (Chapter 20), Berlin and Heidelberg; Springer-Verlag: 447-480.
- SMITH, P.C., CHAMPAGNE, V.E., BENNETT, A.S., and HERMAN, A.W. 1983. Batfish sections near the edge of the Scotian Shelf. Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences No. 1.
- SMITH, R.E.H. and KALFF, J. 1983. Competition for phosphorus among co-occurring freshwater phytoplankton. *Limnology and Oceanology* 28: 448-464.
- SMITH, S.D., ANDERSON, R.J., DEN HARTAOG, G., TOPHAM, D.R., and PERKIN, R.G. 1983. An investigation of a polynya in the Canadian Archipelago. 2. Structure of turbulence and sensible heat flux. *Journal of Geophysical Research* 88: 2900-2910.
- SMITH, R.E.H. and KALFF, J. 1983. Sample preparation for quantitative autoradiography of phytoplankton. *Limnology and Oceanology* 28: 383-388.
- SMITH, S.D. and BANKE, E.G. 1983. The influence of winds, currents, and towing force on the drift of icebergs. *Cold Regions Science and Technology* 6: 241-255.
- SMITH, S.D., KATSAROS, K.B., and OOST, W.A. 1983. HEXOS - Humidity exchange over the sea: Scientific plan. Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences No. 21.
- SMITH, S.J. 1983. Biological update of the inshore cod stock in Subdivision 4Vn (May-December) for 1982. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, *Research Document 83/44*.
- SMITH, S.J. and MacGUIRE, J.J. 1983. Estimating the variance of length composition samples. In *Sampling Commercial Catches of Marine Fish and Invertebrates*; Eds. W.G. Doubleday and D. Rivard. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 66: 165-170.
- SRIVASTAVA, S.P. 1983. Davis Strait: Structures, origin and evolution. In *Structure and development of the Greenland-Scotland Ridge; New methods and concepts*; Eds. M.H.P. Bott, S. Saxou, M. Talwani, and J. Theide. New York; Plenum Press: 159-189.
- STOBO, W.T. 1983. Report of the "ad hoc" Working Group on Herring Tagging. Northwest Atlantic Fisheries Organization, *Scientific Council Summary Document 83/VI/18*: 41 p.
- SUTCLIFFE, W.H., JR., LOUCKS, R.H., DRINKWATER, K.F., and COOTE, A.R. 1983. Nutrient flux onto the Labrador Shelf from Hudson Strait, and its biological consequences. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40: 1692-1701.

- SYVITSKI, J.P.M. 1983. Q-mode factor analysis. Geological Survey of Canada, *Open File Report No. 965*.
- SYVITSKI, J.P.M. and BLAKENEY, C.P. 1983. Sedimentology of Arctic fjords experiment: HU 82-031 data report, Volume 1. Canadian Data Report of Hydrography and Ocean Sciences No. 12 (Also issued as Geological Survey of Canada, *Open File Report No. 960*).
- SYVITSKI, J.P.M., FADER, G.B., JOSEPHANS, H.W., MacLEAN, B., and PIPER, D.J.W. 1983. Seabed investigations of the Canadian east coast and Arctic using PISCES IV. *Geoscience Canada 10*: 59-68.
- SYVITSKI, J.P.M., SILVERBERG, N., OUELETTE, G., and ASPREY, K.W. 1983. First observations of benthos and seston from a submersible in the lower St. Lawrence Estuary. *Géographie Physique et Quaternaire 38*: 227-240.
- SYVITSKI, J.P.M. and SKEI, J.M. (Editors). 1983. Sedimentology of fjords. *Sedimentary Geology 36*: 75-342.
- TAN, F.C., DYRSSEN, D., and STRAIN, P.M. 1983. Sea ice meltwater and excess alkalinity in the East Greenland current. *Oceanologica acta 6*: 283-288.
- TAN, F.C. and STRAIN, P.M. 1983. Sources, sinks and distribution of organic carbon in the St. Lawrence Estuary, Canada. *Geochimica et Cosmochimica Acta 47*: 125-132.
- TANG, C.L. 1982. A model for frontal upwelling. In *Hydrodynamics of Semi-Enclosed Seas*. Amsterdam; Elsevier Scientific Publishing Co.: 329-348.
- TRITES, R.W. 1983. Overview of oceanographic conditions in NAFO Subareas 2,3 and 4 during the 1970-1979 decade. Northwest Atlantic Fisheries Organization, *Scientific Council Studies 5*: 51-78.
- TRITES, R.W. 1983. Physical oceanographic features and processes relevant to *Illex illecebrosus* spawning areas and subsequent larval distribution. Northwest Atlantic Fisheries Organization, *Scientific Council Studies 6*: 39-55.
- TRITES, R.W. and DRINKWATER, K.F. 1983. Overview of environmental conditions in 1982 within the NAFO convention area. Northwest Atlantic Fisheries Organization, *Scientific Council Report 83/VI/23*: 42 p.
- TRITES, R.W. and GARRETT, C.J.R. 1983. Physical oceanography of the Quoddy Region. In *Marine and Coastal Systems of the Quoddy*; Ed. M.L.H. Thomas. *Canadian Special Publication Fisheries and Aquatic Sciences 64*: 9-34.
- TRITES, R.W., VANDERMEULEN, J.H., and LAWRENCE, D.J. 1983. Modelling surface water circulation from Cabot Strait using KURDISTAN oil spill data. *Atmosphere-Ocean*
- TOPHAM, D.R., PERKIN, R.G., SMITH, S.D., ANDERSON, R.J., and DEN HARTOG, G. 1983. An investigation of a polynya in the Canadian Archipelago, 1, Introduction and Oceanography. *Journal of Geophysical Research 88*: 2888-2899.
- TUNNICLIFFE, V. and SYVITSKI, J.P.M. 1983. Corals move boulders: An unusual mechanism of sediment transport. *Limnology and Oceanography 28*: 564-568.
- VANDERMEULEN, J.H. 1983. Long term issues in Puget Sound. In *Proceedings of Puget Sound Water Quality Conference*, Sept. 30-Oct. 1, 1983, Seattle, Washington: 59-77.
- VANDERMEULEN, J.H. and CAPUZZO, J. 1983. Understanding sublethal pollutant effects in the marine environment. In *Ocean Waste Management - Policy and Strategies*. International Ocean Disposal Symposia Series. Special Symposium, University of Rhode Island, May 2-6, 1983: 11 p.
- VANDERMEULEN, J.H., SILVERT, W., and FODA, A. 1983. Sublethal hydrocarbon phytotoxicity in the middle unicellular alga *Pavlova lutheri*. *Aquatic Toxicology 4*: 31-49.
- VERSPoor, E. 1983. A case of bigamy in the Common Guillemot *Uria aalge*. Canadian Wildlife Survey, "Studies on northern seabirds," Manuscript Report No. 161: 1-6.
- VERSPoor, E., BIRKHEAD, T.R., and NETTLESHIP, D.N. 1983. Attendance and egg/chick brooding patterns of murres and Razorbills at the Gannet Clusters, Labrador, 1982. Canadian Wildlife Survey, "Studies on northern seabirds," Manuscript Report No. 150: 1-38.
- VILKS, G. and HARDY, I.A. 1983. The 12th Arctic Workshop. *Geoscience Canada 10*: 125-127.
- VILKS, G. and MUDIE, P.J. 1983. Evidence for postglacial paleoceanographic and paleoclimatic changes in Lake Melville, Labrador, Canada. *Arctic and Alpine Research 15*: 307-320.
- WAIWOOD, K.G. and MAJKOWSKI, J. 1983. Food consumption and diet composition of cod (*Gadus morhua*) inhabiting the southwest Gulf of St. Lawrence. *Environmental Biology of Fishes 1*: 63-78.
- WALDRON, D.E. 1983. Factors influencing Scotian Shelf finfish and squid interactions with special reference to silver hake (*Merluccius bilinearis*). Northwest Atlantic Fisheries Organization, *Scientific Council Research Document 83/IX/92*.
- WALDRON, D.E., SINCLAIR, A.F., and HUNT, J.J. 1983. Population abundance of Scotian Shelf silver hake (*Merluccius bilinearis*) in 1982 with projections to 1984. Northwest Atlantic Fisheries Organization, *Scientific Council Research Document 83/VI/59*.
- WANG, Y. 1983. The mudflat system of China. In *Proceedings of the Symposium on the Dynamics of Turbid Coastal Environments*; Eds. D.C. Gordon Jr. and A.S. Houston. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 40 (Supplement 1)*: 160-171.
- WHITE, G.N. 1983. Identification of influential variables in yield per recruit analysis. In: *Sampling Commercial Catches of Marine Fish and Invertebrates*; Eds. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 66*: 130-140.
- WHITE, G.N. and GAVARIS, S. 1983. Diagnosis for the multiplicative model. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, *Research Document 83/58*.
- WHITMAN, BEN & ASSOCIATES. 1983. Bedford Institute of Oceanography towing winch investigation. Geological Survey of Canada, *Open File Report No. 933*.
- WILLIAMS, G.L. 1983. Pyroclasts. *Geoscience Canada 10*: 135.
- WINTERS, G.V. 1983. Modelling suspended sediment dynamics of the Miramichi Estuary, New Brunswick, Canada. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*: 105-116.
- YEATS, P.A. and BEWERS, J.M. 1983. Potential anthropogenic influences on trace metal distribution in the North Atlantic. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 40 (Supplement 2)*: 124-131.
- YEATS, P.A. and CAMPBELL, J.A. 1983. Nickel, copper, cadmium and zinc in the Northwest Atlantic Ocean. *Marine Chemistry 12*: 43-58.
- ZWANENBURG, K. 1983. 1983 status report on the 4VWx red fish. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, *Research Document 83/17*.
- ZWANENBURG, K.T. and SMITH, S.J. 1983. Comparison of finfish length-frequency distributions estimated from samples taken at sea and in port. In *Sampling Commercial Catches of Marine Fish and Invertebrates*. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 66*: 189-193.



Expéditions réalisées en 1983*



ROGER BELANGER

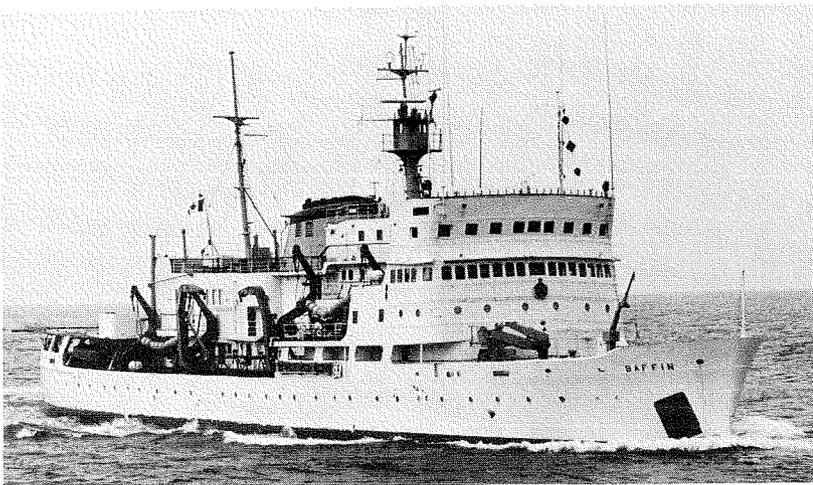
NSC HUDSON

- Le nsc *Hudson* est un navire à propulsion diesel-électrique équipé et utilisé pour des projets multidisciplinaires de recherche océanographique. Il appartient au ministère fédéral des Pêches et des Océans, qui en fait l'exploitation.
- Caractéristiques principales — Coque «Lloyd's Ice Class I» ... construit en 1963 ... 90,4 m de longueur hors-tout ... 15,3 m de largeur hors-tout ... 6,3 m de tirant d'eau maximum ... 4 870 tonnes de déplacement ... 3 721 tonnes de jauge brute ... vitesse maximale de 17 noeuds ... vitesse de croisière de 13 noeuds sur une mer de force 3 ... autonomie de 80 jours et de 23 000 milles m., à vitesse de croisière ... équipe scientifique de 26 personnes ... superficie de 205 m² répartie en quatre laboratoires ... deux ordinateurs HP1000 ... plateforme et hangar pour hélicoptère ... deux hélices et propulseur d'étrave pour tenir la position ... quatre vedettes de levé

ANNÉE ET NUMÉRO DE L'EXPÉDITION	DATES	RESPONSABLE	ZONE COUVERTE	OBJECTIFS
83-002	du 6 au 23 avril	T. Platt, LEM	Plateau continental Scotian — Mer des Sargasses	Série d'observations biologiques de l'écosystème pélagique, à une station oligotrophe
83-007	du 23 avril au 2 mai	P.J. Ryall, Univ. Dalhousie	St. Georges (Bermudes)	Essais en eau profonde d'une foreuse; échantillonnage des sédiments; récupération et déploiement des amarrages; échantillons par carottes
83-009	du 4 au 30 mai	R.M. Hendry, LOA	Bermudes à Halifax	Déploiement des amarrages des courantomètres; levé CTP; mesures du flux thermique; essais de navigation; échantillons de pluie pour étude de la pollution.
83-017 Phase I	du 7 au 21 juin	K.S. Manchester, CGA	Plateau continental Scotian Cône laurentien Grands bancs	Essai du nouveau matériel remorqué en profondeur, système de sonar «CHIRP», CTP et gravimètres; échantillonnage de sédiments; sondage acoustique; déploiement des amarrages des courantomètres; récupération et déploiement des OBS.
Phase II 83-019	du 22 juin au 5 juillet du 8 au 15 juillet	B.D. Loncarevic, CGA G.B. Fader, CGA	Idem Bassin de Bedford Plateau et talus Scotian	Idem Essai du système de cartographie Seabed II; sondage au sonar à balayage latéral; échantillonnage des sédiments du fond marin.
83-021	du 28 juillet au 6 août	J.R. Lazier, LOA	Banc Hamilton	Récupération et déploiement des amarrages; levé CTP.

* On utilise dans ce chapitre les abréviations suivantes : CGA, Centre géoscientifique de l'Atlantique; LOA, Laboratoire océanographique de l'Atlantique; SHC, Service hydrographique du Canada; MPO, ministère des Pêches et Océans; DSHE, Division des sciences halieutiques et environnementales; GIROQ, Groupe interuniversitaire de recherches océanographiques du Québec; DIPM, Division des invertébrés et des plantes marines; OPANO, Organisation des pêches de l'Atlantique nord-ouest; NSRF, Nova Scotia Research Foundation.

ANNÉE ET NUMÉRO DE L'EXPÉ- DITION	DATES	RESPONSABLE	ZONE COUVERTE	OBJECTIFS
83-023	du 6 août au 17 septembre	T. Platt, LEM	Est de l'Arctique, nord du détroit d'Hudson	Étude de l'océanographie biologique de l'Arctique
83-028	du 19 sept. au 5 octobre	J.P. Syvitski, CGA	Fjords de l'île Baffin	Climatologie, dynamique des sédiments, liens entre les animaux et les sédiments, autres études
83-030	du 5 au 26 octobre	G. Vilks, CGA	Plateau du Labrador, lac Melville	Échantillonnage de sédiments et sondages sismiques; étude chimique des substances liées aux hydrocarbures.
83-033	du 28 octobre au 7 novembre	G. Vilks, CGA	Nord-est du plateau du Labrador et Grands bancs	Étude de la paléo-écologie et de la stratigraphie des sédiments du Quaternaire et de la stabilité des sédiments.
83-036	du 9 novembre au 7 décembre	J.R. Lazier, LOA	Banc Hamilton	Remise en place des amarrages; levé CTP; profils recueillis avec le Batfish; étude du front polaire.
83-043	du 7 au 13 décembre	A.E. Hay, Université Memorial	Baie de Fortune, Baie d'Espoir Chenal Hermitage (T.-N.)	Levé CTP; déploiement des courantomètres; mesures du flux thermique; prélèvement de carottes par gravité.



ROGER BELANGER

NSC BAFFIN

- Le nsc *Baffin* est un navire à propulsion diesel équipé pour les levés hydrographiques mais servant aussi pour l'océanographie en général. Il est exploité par le ministère fédéral des Pêches et des Océans, qui en est le propriétaire.
- Caractéristiques principales — Coque «Lloyd's Ice Class I» ... construit en 1956 ... 87 m de longueur hors-tout ... 15 m de largeur hors-membre ... 5,7 m de tirant d'eau maximum ... 4 986 tonnes de déplacement ... vitesse maximale de 15,5 noeuds ... vitesse de croisière de 10 noeuds sur une mer de force 3 ... autonomie de 76 jours et de 18 000 milles m. à vitesse de croisière ... équipe hydrographique de 29 personnes ... locaux prévus pour le dessin, le traçage et les laboratoires ... deux ordinateurs HP1000 ... plate-forme et hangar pour hélicoptère ... deux hélices et propulseur d'étrave pour tenir la position ... six vedettes de levé.

ANNÉE ET NUMÉRO DE L'EXPÉ- DITION	DATES	RESPONSABLE	ZONE COUVERTE	OBJECTIFS
83-008	du 2 mai au 28 oct.	V.J. Gaudet, SHC	Baie de la Trinité, Détroit de Belle-Isle (T.-N.) Détroit de Jones (T.N.-O.)	Cartographie de navigation standard
83-035	du 3 au 28 novembre	G.W. Henderson, SHC	S.-O. de la Nouvelle-Écosse	Cueillette de données multidisciplinaires pour la production de cartes
83-042	du 1 au 7 décembre	A.K. Malone, SHC	Région du plateau Scotian	Essai du DOLPHIN, de transducteurs, d'un treuil océanographique et de crochets de levage des vedettes

Le navire de la NOAA *Whiting* prend la mer après une visite de courtoisie à l'IOB.



ROGER BELANGER



ROGER BELANGER

NSC DAWSON

- Le nsc *Dawson* est un navire à propulsion diesel équipé pour la recherche océanographique pluridisciplinaire, les levés hydrographiques et l'utilisation d'amarrages en eaux profondes et peu profondes. Il appartient au ministère fédéral des Pêches et des Océans, qui en assure l'exploitation.
- Caractéristiques principales — construit en 1967 ... 64,5 m de longueur hors-tout ... 12 m de largeur hors-membre ... 4,9 m de tirant d'eau maximum ... 1 940 tonnes de déplacement ... 1 311 tonnes de jauge brute ... vitesse maximale de 14 noeuds ... vitesse de croisière de 10 noeuds sur une mer de force 3 ... autonomie de 45 jours et de 11 000 milles m. à vitesse de croisière ... équipe scientifique de 13 personnes ... superficie de 87,3 m² répartie en quatre laboratoires et une salle pour ordinateur ... deux hélices et propulseur d'étrave pour tenir la position ... une vedette de levé.

ANNÉE ET NUMÉRO DE L'EXPÉDITION	DATES	RESPONSABLE	ZONE COUVERTE	OBJECTIFS
83-001	du 5 au 12 avril	P.C. Smith, LOA	S.-O. du plateau de la N.-É./banc Browns	Récupération des amarrages du Cap de Sable; déploiement d'amarrages sur le banc Browns; étude sur la dispersion; levé hydrographique
83-003	du 12 au 18 avril	J.N. Smith, LOA	Pointe-Lepreau/Baie de Fundy	Échantillons destinés à l'analyse de la radioactivité, en laboratoire
83-006	du 20 avril au 3 mai	D.D. Sameoto, LEM	Plateau Scotian	Essai de nouveau matériel d'échantillonnage; expérience sur l'acoustique et la lumière; échantillons de zooplancton et de micronecton
83-010 Phase I	17 et 18 mai	R. Hall, Univ. Dalhousie	Plateau Scotian	Détermination de réflecteurs acoustiques
Phase II	du 18 au 23 mai	T. Chriss, D. Huntley, Univ. Dalhousie	Région du bassin Émeraude	Essai de nouveaux instruments qui ont servi à recueillir des données sur la turbulence du fond marin; mesures des copépodes; stéréophotographie du fond
83-012	du 5 au 13 mai	D.E.T. Bidgood, NSRF	Plateau et talus Scotian	Sondage sismique à haute résolution; échantillonnage du fond
83-014	du 2 au 21 juin	H.G. Miller, Univ. Memorial	Côte de T.-N.	Travaux d'océanographie physique et biologique; cartographie sous-marine par gravité; géologie de surface; observation des oiseaux de mer

ANNÉE ET NUMÉRO DE L'EXPÉ- DITION	DATES	RESPONSABLE	ZONE COUVERTE	OBJECTIFS
83-018	du 22 juin au 5 juillet	S.D. Smith, LOA	Détroit de Belle-Isle	Données recueillies pour un modèle informatique de la dérive des icebergs; mesures du courant; essai du carottier à «pénétromètre»
83-020	du 23 au 30 mai	K. T. Frank, LEM	Division 4X de l'OPANO	Levé d'ichtyoplancton (Programme d'écologie halieutique du S.-O. de la Nouvelle-Écosse)
83-022 Phase I	du 2 au 5 août	I. Reid, CGA	Embouchure du chenal Laurentien	Expérience sur la microsismicité des Grands bancs (récupération des OBS)
Phase II Phase III	du 5 au 9 août du 12 au 19 août	L. Legendre, GIROQ N. Silverberg, GIROQ	Nord-ouest du Golfe Golfe du Saint-Laurent	Océanographie générale Échantillonnage de la couche limite d'organismes benthiques pour analyse biologique, géologique et chimique
83-024	du 19 au 30 août	J.A. Elliott, LOA	Bordure du plateau Scotian	Étude sur la naissance des ondes internes de grande amplitude
83-026 Phase I	du 7 au 12 juillet	C.L. Amos, CGA	Région du plateau Scotian	Sondage sismique et carottage pour étude des sédiments
Phase II	du 12 au 16 juillet	K. T. Frank, LEM	Division 4X de l'OPANO	Levé d'ichtyoplancton et études sur le zooplancton (Programme d'écologie halieutique du S.-O. de la Nouvelle-Écosse)
83-027	du 26 septembre au 10 octobre	D. Huntley, T. Chriss, Univ. Dalhousie	Bassin Émeraude (au large de la N.-É.)	Essai de nouveaux instruments à turbulence de fond et collecte de données; stéréophotographie du relief du fond
83-029	du 7 au 21 septembre	R.M. Hendry, LOA	Gulf Stream	Levé CTP; détermination de profils acoustiques; prélèvement d'eau
83-031	du 11 au 20 octobre	D.L. McKeown, LOA	Plateau et talus Scotian; Bancs Émeraude et Western	Essai du dispositif d'illustration du courant en profil "Ametek" et des systèmes "Datasonics" à fréquence multiple
83-032	du 24 au 29 octobre	N.S. Oakey, LOA	Bordure du plateau Scotian	Essai de «l'Esponde» à 1 000 m; étude du mélange par turbulence, en couche mélangée; étude de l'énergie de surface, du flux thermique et de la naissance des vagues
83-034	du 2 au 11 novembre	P.C. Smith, LOA	Banc Browns (au large de la Nouvelle-Écosse)	Récupération et redéploiement des amarrages; études sur la dispersion; essai de la bouée directionnelle WAVEC; levé hydrographique
83-037 Phase I	du 14 au 21 novembre	K. T. Frank, LEM	Division 4X de l'OPANO (surtout le banc Browns)	Levé d'ichtyoplancton et études sur le zooplancton (Programme d'écologie halieutique du S.-O. de la Nouvelle-Écosse)
Phase II	du 21 au 28 novembre	P. Schwinghamer, LEM	S.-O. de la Nouvelle-Écosse	Échantillonnage biologique du fond et essai de la nouvelle caméra pour organismes benthiques; expériences sur la respiration des organismes benthiques

83-038	du 30 novembre au 7 décembre	G.L. Budgen, LOA	Golfe du Saint-Laurent	Quantification de la chaleur et de la répartition des glaces, pour les prévisions saisonnières; échantillonnage des éléments nutritifs et de l'oxygène; déploiement d'une bouée à transmission par satellite Essai du dispositif «Nordco» de carottage sous-marin; cueillette d'échantillons géologiques près des côtes, à des fins de cartographie
83-039	du 10 au 15 décembre	K.S. Manchester, CGA	Baie St. Margaret (N.-É.)	

NSC MAXWELL

- Le nsc *Maxwell* est un navire à propulsion diesel équipé et utilisé pour les levés hydrographiques côtiers. Il appartient au ministère fédéral des Pêches et des Océans, qui en assure l'exploitation.
- Caractéristiques principales — construit en 1962 ... 35 m de longueur hors-tout ... 7,6 m de largeur hors-membre ... 2,1 m de tirant d'eau maximum ... 280 tonnes de déplacement ... 262 tonnes de jauge brute ... vitesse maximale de 12,2 noeuds ... vitesse de croisière de 10 noeuds sur une mer de force 2 ... autonomie de 10 jours et de 2 400 milles marins m. à la vitesse de croisière ... équipe scientifique de 7 personnes ... installations de dessin et de traçage ... deux vedettes de levé



ANNÉE ET NUMÉRO DE L'EXPÉ- DITION	DATES	RESPONSABLE	ZONE COUVERTE	OBJECTIFS
83-004	du 15 avril au 2 mai	B.D. Loncarevic, CGA	Baie Mahone (N.-É.)	Évaluation du gravimètre KSS-30
83-011 Phase I	du 9 mai au 10 juin	E.J. Comeau, SHC	Baie St. Mary (N.-É.)	Cartographie de navigation standard
Phase II	du 14 juin au 28 oct.	E.J. Comeau, SHC	Baie Trinité (T.-N.)	Cartographie de navigation standard
83-041	du 8 au 30 novembre	R.M. Eaton, SHC	Baie Mahone (N.-É.)	Évaluation de systèmes de navigation



NAVICULA

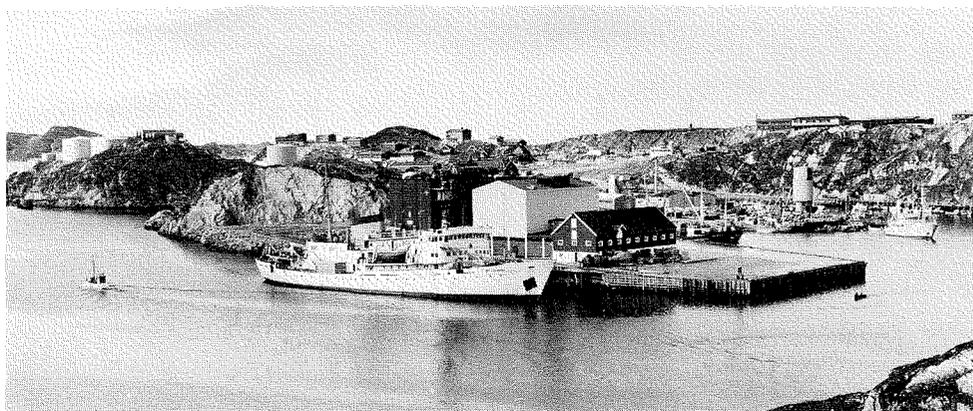
- Le *Navicula* est un bateau de pêche à coque de bois appartenant au ministère fédéral des Pêches et des Océans, qui l'utilise pour des recherches en océanographie biologique.
- Caractéristiques principales — construit en 1968 ... 19,8 m de longueur hors-tout ... 5,5 m de largeur hors-membre ... 110 tonnes de déplacement ... 78 tonnes de jauge brute.

ANNÉE ET NUMÉRO DE L'EXPÉDITION	DATES	RESPONSABLE	ZONE COUVERTE	OBJECTIFS
83-005	du 18 avril au 27 mai du 6 sept. au 28 oct.	D. Blaney, SHC	Côte de la Nouvelle-Écosse Déroit de Northumberland	Révision des cartes; vérification des alignements
83-015	du 23 au 30 juillet du 25 au 30 août	G. A. Packman, Env. Canada	Déroit de Canso; baie Chédaboucto; port de Sydney (N.-É.)	Études sédimentaires reliées à l'immersion en mer
83-016	du 2 juin au 23 août	T.C. Lambert, LEM	Baie St. George (N.-É.)	Levé d'ichthyoplancton

AUTRES EXPÉDITIONS

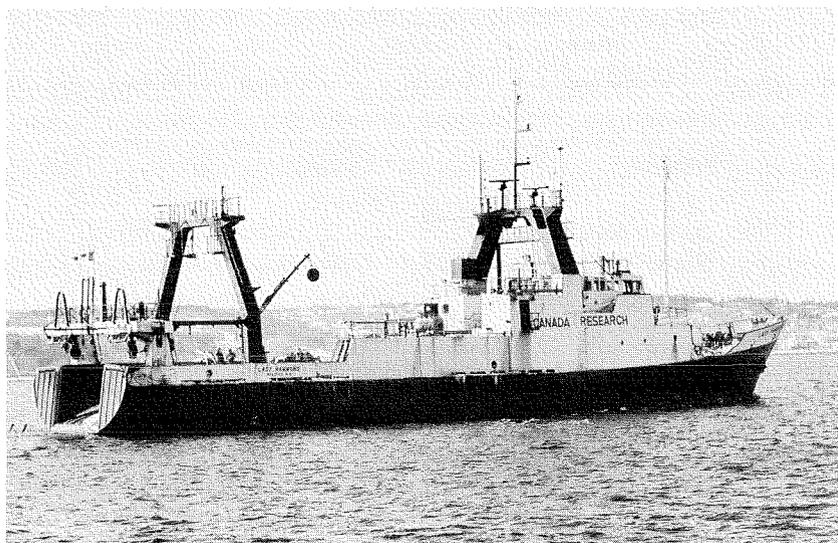
ANNÉE NUMÉRO DE L'EXPÉDITION ET NOM DU BATEAU	DATES	RESPONSABLE	ZONE COUVERTE	OBJECTIFS
83-025 M.V. <i>Sigma-T</i>	du 17 juin au 19 sept.	G.C.H. Harding, LEM	Baie St. Margaret	Levé de larves de homards
83-013 M.V. <i>Quest</i>	du 25 mai au 7 juin	C.E. Keen, CGA	Limite continentale, au sud-ouest des Grands bancs; chenal et cône Laurentiens	Déploiement d'OBS; données recueillies des OBS et du système de réflexion sismique; évaluation du système

NOTA : La Région de l'Atlantique du Service hydrographique du Canada a également eu recours aux services occasionnels du nsc *John A. McDonald* et aux services exclusifs du nsc *Labrador* du 13 août au 15 octobre, principalement pour effectuer des levés dans l'Arctique.



Le nsc *Hudson* amarré à Godthaab (maintenant Godthab), mouillage typique du Groënland.

LADY HAMMOND



KELLY BENTHAM

● Le *Lady Hammond*, chalutier de pêche transformé, affrété de la Northlake Shipping Ltd. par le ministère fédéral des Pêches et des Océans, est utilisé exclusivement pour la recherche sur les pêches. Il sert principalement à la Division des poissons de mer, qui possède des éléments à l'IOB et à St. Andrews (N.-B.). Sauf indication contraire, le responsable fait partie de la Division des poissons de mer.

● Caractéristiques principales — construit en 1972 ... 54 m de longueur hors-tout ... 11 m de largeur hors-membre ... 5,5 m de tirant d'eau maximum ... 306 tonnes de jauge brute ... vitesse maximum de 13,5 noeuds ... vitesse de croisière de 12 noeuds.

NUMÉRO DE L'EXPÉDITION	DATES	RESPONSABLE	ZONE COUVERTE	OBJECTIFS
H088, H089	du 6 au 18 juin	R. Mahon/M. Buzeta	Division 4X de l'OPANO	Levé des poissons de fond (Programme d'écologie halieutique du S.-O. de la Nouvelle-Écosse)
H090	du 29 janvier au 5 février	J. Reid	Bassins de Bedford et Émeraude	Essais du matériel MININESS
H091	du 8 au 20 février	P. Hurley	Division 4X de l'OPANO	Levé à grande échelle (Programme d'écologie halieutique du S.-O. de la Nouvelle-Écosse)
H092	du 21 au 26 février	P. Hurley, T. Koslow, Univ. Dalhousie	Division 4X de l'OPANO	Étude de procédés (Programme d'écologie halieutique du S.-O. de la Nouvelle-Écosse)
H093	du 5 au 17 mars	M. Fowler	Division 4X de l'OPANO	Levé à grande échelle (Programme d'écologie halieutique du S.-O. de la Nouvelle-Écosse)
H094, H095	du 21 mars au 15 avril	S. Scott, N. McFarlane	Plateau Scotian, Baie de Fundy	Levé printanier des poissons de fond
H096	du 20 au 28 avril	P. Hurley, T. Koslow, Univ. Dalhousie	Division 4X de l'OPANO	Étude de procédés (Programme d'écologie halieutique du S.-O. de la Nouvelle-Écosse)
H097	du 4 au 14 mai	J. Reid	Division 4X de l'OPANO	Étude à grande échelle de la répartition (Programme d'écologie halieutique du S.-O. de la Nouvelle-Écosse)
H098	du 19 au 29 mai	P. Hurley, T. Koslow, Univ. Dalhousie	Division 4X de l'OPANO	Étude de procédés (Programme d'écologie halieutique du S.-O. de la Nouvelle-Écosse)
H099	du 1 ^{er} au 14 juin	P. Hurley	Division 4X de l'OPANO	Étude à grande échelle de la répartition (Programme d'écologie halieutique du S.-O. de la Nouvelle-Écosse)
H100	du 16 juin au 4 juil.	J. Anderson, MPO T.-N.	Division 4X de l'OPANO	Levé d'ichthyoplacton

NUMÉRO DE L'EXPÉDITION	DATES	RESPONSABLE	ZONE COUVERTE	OBJECTIFS
H101, H102, H103	du 8 au 29 juillet	P. Perley, G. White	Divisions 4V, 4W et 4X de l'OPANO	Pêche comparative avec le V.M. <i>Needler</i>
H104	du 1 ^{er} au 12 août	P. Koeller	Division 4X de l'OPANO	Levé d'aiglelins juvéniles
H105	du 15 au 17 août	J. Pringle, DIPM	Baie St. Margaret et approches	Levé de homards
H106	du 3 au 15 septembre	D. Gascon, MPO Québec	Division 4R de l'OPANO	Marquage de morues
H107, H108	du 23 septembre au 6 novembre	P. Rubec, MPO Golfe	Divisions 4R et 4S de l'OPANO	Levé de la quantité de crevettes et de sébastes
H109	du 15 au 21 novembre	J. Reid	Bassin de Bedford	Essais du matériel MININESS
H110	du 24 novembre au 8 décembre	J. McGlade	Nord-ouest de l'Atlantique	Levé de goberges

E.E. PRINCE

- Le *E.E. Prince* est un chalutier de pêche arrière à coque d'acier servant à la recherche halieutique et à la pêche expérimentale et exploratoire. Il est la propriété du ministère des Pêches et des Océans, qui en assure l'exploitation.
- Caractéristiques principales — construit en 1966 ... 39,9 m de longueur hors-tout ... 8,2 m de largeur hors-tout ... 3,6 m de tirant d'eau maximal ... 421 tonnes de déplacement ... 406 tonnes de jauge brute.



HEINZ WIELE

NUMÉRO DE L'EXPÉDITION	DATES	RESPONSABLE	ZONE COUVERTE	OBJECTIFS
P282	du 7 au 25 janvier	U. Buerkle	Baie Chédaboucto	Levé acoustique du hareng
P283	du 4 au 11 février	M. Etter, DIPM	Banc Roseway	Étude de la répartition et de l'abondance des crevettes
P284	du 15 au 23 février	L. Dickie, LEM	Division 4T de l'OPANO	Essai du dispositif «ECOLOG»
P285	du 3 au 7 mars	M. Strong	Bassin Émeraude	Prélèvement de goberges pour études méristiques et électrophorétiques
P286	du 9 au 11 mars	C. Morrison, DSHE	Port d'Halifax	Prélèvement de poissons vivants
P287	du 15 au 27 mars	G. Boutilier	Baie de Fundy	Levé de larves de hareng
P288	du 6 au 21 avril	P. Hurley	Division 4X de l'OPANO	Levé à grande échelle de la répartition (Programme d'écologie halieutique du S.-O. de la Nouvelle-Écosse)
P289	du 6 au 13 mai	M. Etter, DIPM	Subdivision 4Vn de l'OPANO	Étude de la répartition et de l'abondance des crevettes
P290	du 16 au 26 mai	G. Robert, DIPM	Bancs du Milieu, Western et Browns; hauts-fonds German et Lurcher	Levé d'évaluation des stocks de pétoncles des grandes profondeurs
P291	du 4 au 17 juin	W. Squires, MPO T.-N.	Division 3L de l'OPANO	Levé des crabes des neiges
P292	20 juin	B. Mercille, MPO Golfe	Division 4T et subdivision 4Vn de l'OPANO	Levé des oeufs et des larves de maquereau

P293	du 11 au 22 juillet	J. Pringle, DIPM	Plateau Scotian	Levé des larves de homard
P294	de 1 ^{er} au 26 août	G. Robert, DIPM	Banc Georges	Levé des larves de homard
P295	du 29 août au 2 septembre	J. Reid	Division 4X de l'OPANO	Essais du matériel MININESS
P296	du 6 au 30 septembre	D. Clay, MPO Golfe	Division 4T de l'OPANO	Levé des poissons de fond
P297	du 18 au 26 octobre	L. Dickie, LEM	Banquereau	Essai du dispositif «ECOLOG»
P298	du 31 octobre au 14 novembre	M. Power	Baie de Fundy	Levé du hareng
P299	du 18 au 24 novembre	M. Etter, DIPM	Plateau Scotian	Levé des crevettes

EXPÉDITIONS RÉALISÉES EN COOPERATION

En 1983, la Division des poissons marins a pris part à des expéditions en collaboration, à bord du navire soviétique *Let Kievu* (abrégé LK ci-dessous).

NUMÉRO DE L'EXPÉDITION	DATES	RESPONSABLE	ZONE COUVERTE	OBJECTIVES
LK01, LK02	du 17 octobre au 24 novembre	B. Wood, M. Strong	Plateau Scotian	Levé comparatif de merlus argentés juvéniles



HEINZ WIELE

ALFRED W.H. NEEDLER

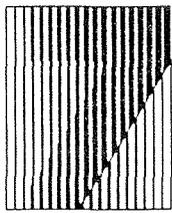
- Le V.M. *Alfred W.H. Needler* est un navire à propulsion diesel, propriété du ministère fédéral des Pêches et des Océans, qui en assure le fonctionnement. Il sert à la recherche halieutique.
- Caractéristiques principales — construit en 1982 ... 50,3 m de longueur hors-tout ... 10,9 m de largeur ... 925,03 tonnes de déplacement ... équipe scientifique de 10 personnes ... équipé de systèmes de communication, d'appareils électroniques, d'aides à la navigation, d'instruments de recherche et d'engins de pêche modernes.

NUMÉRO DE L'EXPÉDITION	DATES	RESPONSABLE	ZONE COUVERTE	OBJECTIFS
N007	du 7 au 17 janvier	G. Winters	Banc de Saint-Pierre	Évaluation des stocks de pétoncles
N008	du 28 janvier au 2 mars	T. Rowell, DIPM E. Dawe	D'Halifax à Jacksonville (Floride)	Répartition des larves et des juvéniles d' <i>Illex</i> le long du Gulf Stream
N009	du 22 avril au 8 mai	J. Baird, MPO T.-N.	Subdivisions 3Ps et 3Pn de l'OPANO	Levé des poissons de fond
N010	du 25 mai au 4 juin	K. Waiwood	Division 4X de l'OPANO	Levé des poissons de fond (Programme d'écologie halieutique du S.-O. de la Nouvelle-Écosse)
N011	du 20 au 30 juin	P. Koeller	Sud-ouest de la N.-É.	Levé d'aiglelins juvéniles
N012, N013, N014	du 5 au 29 juillet	P. Koeller	Plateau Scotian, Baie de Fundy	Levé standard de poissons de fonds
N015	du 3 août au 9 septembre	R. Mahon	Division 4X de l'OPANO	Levé des poissons de fond (Programme d'écologie halieutique du S.-O. de la Nouvelle-Écosse)

N016	du 12 au 29 septembre	J. Young, DIPM	Plateau Scotian	Répartition des encornets
N017, N018	du 3 au 27 octobre	S. Smith/K. Waiwood	Plateau Scotian	Levé automnal des poissons de fond
N019	du 31 octobre au 9 novembre	D. Waldron	Plateau Scotian	Séparation des stocks de merlus argentés
N020	du 16 au 30 novembre	W.D. Smith	Banquereau	Inventaire du sébaste

EXPÉDITIONS À BORD DU NAVIRE AFFRÉTÉ *J.L. HART*

NUMÉRO DE L'EXPÉ- DITION	DATES	RESPONSABLE	ZONE COUVERTE	OBJECTIFS
OS01	du 2 au 27 août	M. Power, J.S. Scott	Île de Sable; bancs La Have et Browns	Levé d'aiglefin juveniles; comparaison des pêches diurne et nocturne
	du 31 mars au 9 avril du 11 au 20 juillet	W. Smith U. Buerkle	Division 4X de l'OPANO Baie de Fundy	Marquage d'aiglefin Levé acoustique du hareng



Organisation et personnel

L'IOB est un institut de recherche du gouvernement du Canada placé sous la responsabilité du ministère des Pêches et des Océans (MPO), qui l'administre pour son propre compte et pour celui des autres ministères fédéraux qui y possèdent des laboratoires et des services. Les recherches, les installations et les services de l'Institut relèvent d'une série de comité généraux et spéciaux.

L'IOB abrite aussi les bureaux de l'Organisation des pêches de l'Atlantique nord-ouest (secrétaire exécutif —

capitaine J.C.E. Cardoso); les laboratoires d'analyse du Service de la protection de l'environnement (D^r H.S. Samant) du ministère de l'Environnement (MDE); enfin, le bureau de la région de l'Atlantique de l'Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources (EMR). Certains locaux sont loués à des sociétés privées oeuvrant dans le domaine des sciences de la mer : Huntec Ltd., Wycove Systems Ltd. et Franklin Computers Ltd.

Nous présentons ci-dessous les

principaux groupes qui travaillent à l'Institut, ainsi que le nom de leur chef et une liste du personnel de l'Institut en juillet 1984. Les numéros de téléphone apparaissent sur la première liste : à noter que l'indicatif régional de la Nouvelle-Écosse est 902 et que l'indicatif local de l'Institut est 426. Le groupe ou la division où travaille chaque employé est indiqué en abrégé après son nom; les abréviations utilisées sont définies dans la liste des groupes principaux.

SCIENCES ET LEVÉS OCÉANIQUES, ATLANTIQUE (MPO)

A.R. Longhurst
DG – Directeur-général 3492

DIO – Division de l'information océanique
H.B. Nicholls, chef 3246

Relations publiques
C.E. Murray, responsable 3251
Agent – BIOMAIL
B. Bennett 3698

SG – Services de gestion
G.C. Bowdridge, responsable 6166

Services administratifs
M.C. Bond, chef 7060
Services financiers
E. Pottie, chef 7060
Services de la gestion du matériel
R.J. Stacey, chef 3487

SP – Services du personnel
J.G. Feetham, responsable 2366

LOA – Laboratoire océanographique de l'Atlantique
G.T. Needler, directeur 7456

LOA – 1. Océanographie chimique
J.M. Bewers, chef 2371
LOA – 2. Océanographie côtière
C.S. Mason, chef 3857
LOA – 3. Météorologie
D.L. McKeown, chef 3489
LOA – 4. Circulation océanique
J.A. Elliott, chef 2502

SHC – Service hydrographique du Canada (Région de l'Atlantique)

A.J. Kerr, directeur 3497

SHC – 1. Levés hydrographiques

T.B. Smith, chef 2432

SHC – 2. Production des cartes

S. Weston, chef 2432

SHC – 3. Développement hydrographique

R.G. Burke, chef 3657

SHC – 4. Navigation

R.M. Eaton, chef 2572

SHC – 5. Planification et dossiers

R.C. Lewis, chef 2477

SHC – 6. Marées

S.T. Grant, chef 3846

LEM – Laboratoire d'écologie marine
K.H. Mann, directeur 3696

LEM – 1. Océanographie biologique

T.C. Platt, chef 3793

LEM – 2. Qualité de l'environnement

R.F. Addison, chef 3279

LEM – 3. Océanographie des pêches

S.R. Kerr, chef 3792

RI – Ressources de l'Institut
R.L.G. Gilbert, responsable 3681

RI – 1. Navires

J. Parsons, chef 7292

RI – 2. Services d'ingénierie

D.F. Dinn, chef 3700

RI – 3. Services informatiques

D.M. Porteous, chef 2452

RI – 4. Services de bibliothèque

J.E. Sutherland, chef 3675

RI – 5. Services de publication

M.P. Latrémouille, chef 5947

SERVICES DES PÊCHES DANS L'ATLANTIQUE, MARITIMES (MPO)

DPM – Division des poissons de mer
W.D. Bowen, chef 8390

CSCPCA – Comité scientifique consultatif des pêches canadiennes dans l'Atlantique – Secrétariat
D. Geddes 8390

SERVICE CANADIEN DE LA FAUNE (MDE)

UROM – Unité de recherche sur les oiseaux de mer
D.N. Nettleship, chef 3274

COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA (EMR)

CGA – Centre géoscientifique de l'Atlantique
M.J. Keen, directeur 2367

CGA – 1. Administration

C. Racine, chef 2111

CGA – 2. Géologie du pétrole – secteur de l'Est

G.L. Williams, chef 2730

CGA – 3. Géologie du milieu marin

D.J.W. Piper, chef 7730

CGA – 4. Soutien des programmes

K.S. Manchester, chef 3411

CGA – 5. Reconnaissance régionale

C.E. Keen, chef 3448

LE PERSONNEL

ABRIEL, James *LOA-1*
 ACKER, Queenie *SG*
 ADAMS, A1 *RI-1*
 ADDISON, Richard *LEM-2*
 AHERN, Patrick *LEM-2*
 ALLEN, Lorraine *LEM-3*
 AMIRALTY, Byron *LOA-1*
 AMOS, Carl *CGA-3*
 ANDERSON, Bob *LOA-4*
 ANDERSON, Debbie *SG*
 ANDERSON, George *SG*
 ANNAND, Christine *DPM*
 ANNING, Jeff *LEM-1*
 ARCHER, Barbara *DIO*
 ARCHIBALD, Chris *SG*
 ARMITAGE, Fred *RI-2*
 ARMSTRONG, Nancy *DPM*
 ASCOLI, Piero *CGA-2*
 ASPREY, Ken *CGA-3*
 ATKINSON, Karen *LOA-2*
 ATKINSON, Tony *CGA-4*
 AVERY, Mike *CGA-2*
 AVEY, David *Baffin*
 AWALT, Garon *RI-2*

BOUDREAU, Henri *SHC-1*
 BOUDREAU, Paul *LEM-3*
 BOWDRIDGE, Gordon *CG*
 BOWEN, Don *DPM*
 BOWEN, Eileen *SG*
 BOWMAN, Garnet *SHC-1*
 BOWSER, Mike *RI-2*
 BOYCE, Rick *LOA-2*
 BOYCE, Austin *CGA-4*
 BRANTON, Bob *DPM*
 BRINE, Doug *RI-3*
 BRODIE, Paul *LEM-3*
 BROWN, Dick *UROM*
 BUCKLEY, Dale *CGA-3*
 BUGDEN, Gary *LOA-2*
 BURGESS, Frank *SHC-1*
 BURHOE, Meg *SG*
 BURKE, Robert *SHC-3*
 BURKE, Walter *SHC-1*

CALDWELL, Glen *RI-2*
 CAMERON, Ralph *SHC-1*
 CAMERON, Rose *SG*
 CAMPANA, Steve *DPM*
 CAMPBELL, Paul *CGA-3*
 CARR, Judy *DPM*
 CARSON, Bruce *LOA-4*
 CASEY, Deborah *RI-3*
 CASHIN, Elmo *RI-1*
 CASSIVI, Roger *LOA-3*
 CAVERHILL, Carla *LEM-1*
 CHAMBERLAIN, Duncan *RI-1*
 CHAPMAN, Borden *CGA-4*
 CHARLTON, Beverly *DPM*
 CHENIER, Marcel *SHC-2*
 CHIN-YEE, Mark *RI-2*
 CLARKE, Allyn *LOA-4*
 CLARKE, Tom *RI-2*
 CLATTENBURG, Donald *CGA-3*
 CLIFF, John *Baffin*
 CLOTHIER, Rodney *Baffin*
 COADY, Vernon *CGA-4*
 COCHRANE, Norman *LOA-3*
 COLE, Flona *CGA-3*
 COLFORD, Brian *SG*
 COLLIER, Kathie *LOA-3*
 COLLINS, Gary *RI-3*
 COMEAU, Ernest *SHC-1*
 CONNOLLY, Gerald *LOA-3*
 CONOVER, Bob *LEM-1*
 CONRAD, Bruce *Hudson*
 CONRAD, David *LOA-1*
 COOK, Gary *CGA-2*
 COOKE, Gary *RI-2*
 COSGROVE, Art *RI-5*
 COSTELLO, Gerard *SHC-1*
 COTA, Glenn *LEM-1*



Bert Bennett

COURNOYER, Jean *RI-2*
 COX, Brian *Baffin*
 CRANFORD, Peter *LEM-2*
 CRANSTON, Ray *CGA-3*
 CRAWFORD, Keith *CGA-2*
 CREWE, Norman *LOA-1*
 CRILLEY, Bernard *CGA-2*
 CRONK, Suzanne *CGA-5*
 CROWE, Hubert *Hudson*
 CRUX Elizabeth *SHC-2*
 CUNNINGHAM, Carl *LOA-1*
 CUNNINGHAM, John *SHC*
 CURRIE, Randy *RI-3*
 CUTHBERT, Jim *RI-3*

DAGNALL, Joyce *UROM*
 DALE, Carla *DPM*
 DALE, Jackie *LEM*
 DALZIEL, John *LOA-1*
 DANIELS, Marilyn *RI-4*
 D'APOLLONIA, Steve *CGA-3*
 DAS, Paddy *Baffin*
 DAVIES, Ed *CGA-2*
 DEASE, Ann *SG*
 DEASE, Gerry *RI-2*
 DeLONG, Bob *RI-2*
 DEMONT, Leaman *RI-2*
 DENNIS, Pat *CGA-1*
 D'ENTREMONT, Paul *LOA-2*
 DEONARINE, Bhan *CGA-3*
 DESCHENES, Mary Jean *RI-3*
 DESSUREAULT, Jean-Guy *LOA-3*
 DICKIE, Lloyd *LEM-3*
 DICKIE, Paul *LEM-1*
 DICKINSON, Ross *Dawson*
 DINN, Donald *RI-2*
 DOBSON, Des *LOA-2*
 DOBSON, Fred *LOA-4*
 DOLLIMOUNT, Ray *Hudson*
 DOWD, Dick *LEM-3*
 DRINKWATER, Ken *LEM-3*
 DUFFY, Sean *SHC-1*
 DUGAS, Theresa *CSCPCA*
 DUNBRACK, Stu *SHC-1*
 DUNPHY, Paul *LOA-4*
 DURVASULA, Rao *LEM-1*



Jeff McRuer

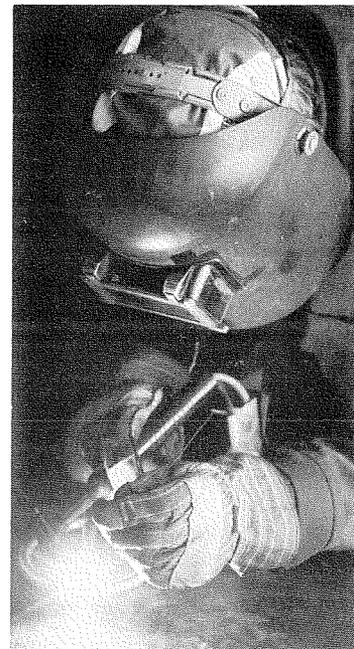
KELLY BENTHAM

FEETHAM, Jim *SP*
 FENERTY, Norman *RI-5*
 FENN, Guy *CGA-4*
 FERGUSON, Carol *RI-1*
 FERGUSON, John *SHC-1*
 FINDLEY, Bill *RI-1*
 FITZGERALD, Bob *CGA-3*
 FLEMING, Dave *SHC-2*
 FODA, Azmeralda *LEM-2*
 FOOTE, Tom *LOA-2*
 FORBES, Donald *CGA-3*
 FORBES, Steve *SHC-3*
 FOWLER, George *LOA-3*
 FRANK, Ken *LEM-3*
 FRASER, Brian *LEM-1*
 FRASER, Jack *Maxwell*
 FRASER, Sharalyn *SP*
 FREEMAN, Burton *DPM*
 FREEMAN, Ken *LEM-3*
 FRICKER, Aubrey *CGA-4*
 FRIIS, Mike *SG*
 FRIZZLE, Doug *SHC-2*
 FROBEL, David *CGA-3*
 FROST, Jim *LEM-3*
 FULLERTON, Anne *LEM-3*

GALLANT, Celesta *SG*
 GALLANT, Roger *RI-2*
 GALLIOTT, Jim *LOA-2*
 GAMMON, Gary *SG*
 GAUDET, Victor *SHC-1*
 GEDDES, Dianne *CSCPCA*
 GIDNEY, Betty *SHC-2*
 GILBERT, Reg *RI*
 GILROY, Dave *RI-2*

KELLY BENTHAM

ROGER BELANGER



Soudure d'une pièce.

GIROUARD, Paul *CGA-5*
 GLAZEBROOK, Sherman *LOA-4*
 GOODWIN, Winston *RI-2*
 GOODYEAR, Julian *SHC-1*
 GORDON, Don *LEM-2*
 GORVEATT, Mike *CGA-4*
 GRADSTEIN, Felix *CGA-2*
 GRANT, Al *CGA-2*
 GRANT, Gary *CGA-2*
 GRANT, Steve *SHC-6*
 GREENBERG, David *LOA-2*
 GREGORY, Don *DPM*
 GREGORY, Doug *LOA-2*

GREIFENEDER, Bruno *LOA-4*
 GUILDERSON, Joan *DG*
 GUILBAULT, Jean-Pierre *CGA-3*

HAASE, Bob *SHC-1*
 HACQUEBARD, Peter *CGA-2*
 HALE, Ken *RI-5*
 HALLIDAY, James *RI-1*
 HALLIDAY, Ralph *DPM*
 HALVERSON, George *RI-2*
 HAMILTON, Jim *LOA-3*
 HAMILTON, Phyllis *SHC-6*
 HANTZIS, Alex *SHC-2*
 HARDING, Gareth *LEM-2*
 HARDY, Iris *CGA-5*
 HARGRAVE, Barry *LEM-2*
 HANKINSON, Doug *Baffin*
 HARMES, Bob *CGA-3*
 HARRIS, Cynthia *DPM*
 HARRIS, Jerry *Dawson*
 HARRIS, Leslie *LEM-1*
 HARRISON, Glen *LEM-1*
 HARTLING, Bert *LOA-2*
 HARVEY, David *LOA-3*
 HAYDEN, Helen *LOA-2*
 HAYES, Terry *CGA-1*
 HEAD, Erica *LEM-1*
 HEFFLER, Dave *CGA-4*
 HEMPHILL, Milt *SCH-1*
 HENDERSON, Gary *SCH-1*
 HENDERSON, Terry *CGA-1*
 HENDRY, Ross *LOA-4*
 HENSBEE, Dave *LOA-4*
 HENNEBERRY, Andy *LEM-2*
 HEPWORTH, Deborah *SHC-2*
 HERMAN, Alex *LOA-3*
 HILL, Phil *CGA-3*
 HILLIER, Blair *CGA-4*
 HILTZ, Ray *LOA-1*
 HILTZ, Sharon *SG*
 HINDS, Jim *Hudson*
 HODGSON, Mark *LEM-1*
 HOFFER, Darrell *CGA-5*
 HOGANSON, Joan *SG*
 HOLLAND, Len *Dawson*
 HOLMES, Wayne *RI-2*



Sheila MacHattie

HORNE, Ed *LEM-1*
 HORNE, Jack *RI-2*
 HOUSSER, Debbie *CGA-5*
 HOWIE, Bob *CGA-2*
 HUBLEY, Susan *CGA-4*
 HUGHES, David *SHC-1*
 HUGHES, Mike *CGA-4*
 HUNTER, Leamond *SHC-2*
 HURLEY, Peter *DPM*

IRWIN, Brian *LEM-1*

JACKSON, Art *CGA-2*
 JACKSON, Ruth *CGA-5*
 JAMIESON, Steve *SP*
 JANSA, Lubomir *CGA-2*
 JARVIS, Lawrence *Hudson*



Ken Freeman

JAY, Malcolm *SHC-2*
 JENNEX, Rita *SG*
 JODREY, Fred *CGA-4*
 JOHN, Paulette *SG*
 JOHNSON, Sue *UROM*
 JOHNSTON, Larry *CGA-4*
 JOLLMORE, Shirley *RI-4*
 JONES, Peter *LOA-1*
 JONES, Roger *SHC-2*
 JORDAN, Francis *LOA-2*
 JOSENHANS, Heiner *CGA-5*

KARG, Marlene *RI-3*
 KAVANAUGH, Anita *RI-4*
 KAY, William *CGA-5*
 KEARNEY, Carl *Dawson*
 KEDDY, Lil *SG*
 KEEN, Charlotte *CGA-5*
 KEEN, Mike *CGA*
 KEENAN, Pat *LOA-2*
 KEIZER, Paul *LEM-2*
 KELLY, Bruce *RI-2*
 KEPKAY, Paul *LEM-2*
 KERR, Adam *SHC*
 KERR, Steve *LEM-3*
 KIERSTEAD, Linda *UROM*
 KING, Donna *DPM*
 KING, Graeme *SHC-5*
 KING, Rollie *RI-1*
 KNOX, Don *LOA-3*
 KOELLER, Peter *DPM*
 KRANCK, Kate *LOA-2*

LAKE, Diana *SG*
 LAKE, Paul *CGA-2*
 LAMBERT, Tim *LEM-3*
 LAMPLUGH, Mike *SHC-1*
 LANDRY, Marilyn *LEM-1*
 LANGILLE, Neil *Navicula*
 LAPIERRE, Mike *RI-2*
 LAPIERRE, Richard *RI-1*
 LAROSE, Jim *SHC-2*

LARSEN, Ejnar *LEM-1*
 LATREMOUILLE, Michael *RI-5*
 LAWRENCE, Don *LOA-2*
 LAZIER, John *LOA-4*
 LeBLANC, Bill *CGA-3*
 LeBLANC, Cliff *Maxwell*
 LeBLANC, Paul *RI-2*
 LEJEUNE, Diane *SG*
 LEJEUNE, Hans *SG*
 LEONARD, Jim *LOA-1*
 LEVY, Eric *LOA-1*
 LEWIS, Mary *LEM-1*
 LEWIS, Mike *CGA-3*
 LEWIS, Reg *SHC-5*
 LI, Bill *LEM-1*
 LISCHENSKI, Ed *SHC-2*
 LITTLE, Betty *SP*
 LIVELY, Bob *LOA-2*
 LOCK, Stan *Baffin*
 LOCK, Tony *UROM*
 LOCKE, Don *CGA-4*
 LOCKYER, Roy *Hudson*
 LODER, John *LOA-4*
 LONCAREVIC, Bosko *CGA-5*
 LONGHURST, Alan *DG*
 LORING, Douglas *LOA-1*
 LUTLEY, Judy *SG*
 LUTWICK, Graham *SHC-6*

MacDONALD, Al *LEM-1*
 MacDONALD, Barry *SG*
 MacDONALD, Gerry *RI-2*
 MacDONALD, Kirk *SHC-5*
 MacDONALD, Rose *SHC-2*
 MacGOWAN, Bruce *SHC-1*
 MacHATTIE, George *RI-2*
 MacHATTIE, Sheila *SP*
 MacISAAC, Mary *DPM*
 MacKAY, Bob *Hudson*
 MacLAREN, Florence *SP*
 MacLAREN, Oswald *LOA-3*
 MacLAUGHLIN, John *RI-2*
 MacLEAN, Brian *CGA-5*
 MacLEAN, Carleton *Baffin*
 MacLEOD, Grant *SHC-2*
 MacMILLAN, Bill *CGA-2*
 MacMILLAN, Linda *SHC-1*
 MACE, Pamela *DPM*
 MACNAB, Ron *CGA-5*
 MAHON, Robin *DPM*
 MALLET, Andre *LEM-3*
 MALONE, Kent *SHC-1*
 MANCHESTER, Keith *CGA-4*
 MANN, Ken *LEM*
 MARTELL, Jim *SG*
 MARTIN, Bud *SG*
 MARTIN, Harold *Dawson*
 MASON, Clive *LOA-2*



Ray Hiltz

MASON, Ralph *SG*
 MATTHEWS, Benny *Dawson*
 MATTHEWS, Gordon *Hudson*
 MAUGER, Fred *Hudson*
 MAZERALL, Anne *RI-4*
 McALPINE, Don *CGA-2*
 McCARTHY, Cathy *CGA-2*
 McCARTHY, Paul *SHC-1*
 McCORRISTON, Bert *SHC-2*
 MacFARLANE, Andrew *UROM*
 McGINN, Pete *SHC-6*
 McGLADE, Jacque *DPM*
 McKEOWN, Dave *LOA-3*
 McMILLAN, Jim *DPM*



Herman Varma

McNEIL, Beverley *SCH*
 McRUER, Jeff *LEM-3*
 MEHLMAN, Rick *SCH-1*
 MEIN, John *Baffin*
 MEISNER, Patsy *SCH-2*
 MELBOURNE, Ron *SCH-2*
 MIDDLETON, Cecilia *CGA-3*
 MILLER, Bob *CGA-5*
 MILLER, Frank *SCH-2*
 MILLETT, David *Baffin*
 MILLIGAN, Tim *LOA-2*
 MILNE, Mary *CGA-2*
 MITCHELL, Carol *CGA-2*
 MITCHELL, Michel *LOA-3*
 MOFFATT, John *LOA-1*
 MOORE, Bill *RI-1*
 MORAN, Kate *CGA-3*
 MUDIE, Peta *CGA-3*
 MUISE, Fred *RI-2*
 MUISE, Laura *SG*
 MURPHY, Bob *CGA-4*
 MURRAY, Ed *DIO*
 MYRA, Valerie *DPM*
 MYERS, Steven *RI-1*

NEEDLER, George *LOA*
 NELSON, Rick *LOA-1*
 NETTLESHIP, David *UROM*
 NEU, Hans *LOA-2*
 NICHOLLS, Brian *DIO*
 NICHOLS, Brian *CGA-5*
 NICHOLSON, Dale *SCH-1*
 NICKERSON, Bruce *LOA-3*
 NICKERSON, Carol *SG*
 NICOLL, Michael *RI-1*
 NIELSEN, Jes *CGA-4*
 NORTON, Neil *Baffin*

Oakey, Neil *LOA-4*
 O'BOYLE, Bob *DPM*
 O'NEIL, John *LOA-4*
 O'REILLY, Charles *SCH-6*
 O'ROURKE, Mike *RI-2*
 ORR, Ann *LEM-3*

PALMER, Nick *SCH-2*
 PALMER, Richard *SCH-1*
 PARANJAPPE, Madhu *LEM-1*
 PARNELL, Cheryl *CGA-1*
 PARROTT, Brian *CGA-3*
 PARSONS, Art *RI-2*
 PATON, Jim *SG*
 PEER, Don *LEM-2*
 PELLERINE, Danny *RI-1*
 PENNELL, Charles *Hudson*
 PERROTTE, Roland *SCH-2*
 PETERSON, Ingrid *LOA-4*
 PETRIE, Brian *LOA-2*
 PETRIE, Liam *LEM-3*
 PHILLIPS, Georgina *LEM-2*
 PHILLIPS, Ted *LOA-3*
 PIETRZAK, Robert *SCH-5*
 PIPER, David *CGA-3*
 PLATT, Trevor *LEM-1*
 POCKLINGTON, Roger *LOA-1*
 POLSON, Carl *RI-2*
 PORTEOUS, Dave *RI-3*
 PORTER, Cathy *LOA-4*
 POTTIE, Dennis *LOA-1*
 POTTIE, Ed *SG*
 POWROZ, William *Dawson*
 POZDNEKOFF, Peter *LOA-4*
 PRIME, Wayne *CGA-4*
 PRINSENBERG, Simon *LOA-2*
 PRITCHARD, John *LOA-2*
 PROCTOR, Wally *LOA-3*
 PROUSE, Nick *LEM-2*
 PURDY, Phil *SG*

ROSSE, Ray *SG*
 ROZON, Chris *SCH-1*
 RUDDERHAM, Dave *LEM-1*
 RUMLEY, Betty *LOA-2*
 RUSHTON, Laurie *LEM-1*
 RUSHTON, Terry *RI*
 RUXTON, Michael *SCH-1*
 RYAN, Anne *SCH-1*

SABOWITZ, Norman *RI-4*
 SADI, Jorge *Baffin*
 SAMEOTO, Doug *LEM-1*
 SANDSTROM, Hal *LOA-4*
 SAUNDERS, Jo-Anne *RI-4*
 SAVOY, Rachell *SP*
 SCHAFFER, Charles *CGA-3*
 SCHIPILOW, Catherine *SCH-2*
 SCHUTZENMEIER, Marion *LOA-2*
 SCHWARTZ, Bernie *RI-2*
 SCHWINGHAMER, Peter *LEM-2*
 SCOTNEY, Murray *LOA-2*
 SEIBERT, Gerald *DIO*
 SHATFORD, Lester *LOA-3*
 SHAY, Juanita *RI-2*
 SHELDON, Ray *LEM-3*
 SHERIN, Andy *CGA-4*
 SHIH, Keh-Gong *CGA-5*
 SHOTTON, Ross *LEM-3*
 SILVERT, Bill *LEM-3*
 SIMMONS, Carol *LEM-2*
 SIMMS, Judy *LOA-1*
 SIMON, Jim *DPM*
 SIMPSON, Pat *DPM*
 SINCLAIR, Alan *DPM*
 SLADE, Harvey *RI-5*
 SMITH, Alan *SCH-2*
 SMITH, Burt *SCH-1*
 SMITH, Bill *DPM*
 SMITH, Fred *RI-1*
 SMITH, John *LOA-1*
 SMITH, John *LEM-1*
 SMITH, Michelle *UROM*
 SMITH, Peter *LOA-2*
 SMITH, Steve *DPM*
 SMITH, Stu *LOA-4*
 SMITH, Sylvia *LEM*
 SMITH, Ted *RI-1*
 SPARKES, Roy *CGA-4*
 SPENCER, Florence *CGA-1*
 SPENCER, Sid *RI-2*
 SPRINGETT, Joan *SG*
 SRIVASTAVA, Shiri *CGA-5*
 STEAD, Gordon *SCH-2*
 STEELE, Trudi *LOA-4*
 STEEVES, George *RI-2*
 STEPANCZAK, Mike *LOA-3*
 STEWART, Pat *CGA-1*
 STILO, Carlos *Baffin*
 STIRLING, Charles *SCH-1*
 STOBO, Wayne *DPM*
 STODDART, Stan *Hudson*
 STOFFYIN, Mark *CGA-3*
 STOFFYIN, Patricia *CGA-3*
 STOLL, Hartmut *RI-2*
 STRAIN, Peter *LOA-1*
 STRUM, Loran *Hudson*
 STUART, Al *RI-2*
 STUIFBERGEN, Nick *SCH-4*
 SUTHERLAND, Betty *RI-4*
 SWIM, Minard *SCH-1*
 SYMES, Jane *SP*
 SYMONDS, Graham *LOA-4*
 SYVITSKI, James *SGA-3*

TAN, Francis *LOA-1*
 TANG, Charles *LOA-2*
 TAYLOR, Bill *RI-3*
 TAYLOR, Bob *CGA-3*
 TAYLOR, George *LEM-3*

TAYLOR, George *LEM-3*



Harvey Slade

TEE, Kim-Tai *LOA-4*
 THOMAS, Frank *CGA-2*
 TILLMAN, Betty *SP*
 TOLLIVER, Deloros *LOA-1*
 TOMS, Elaine *RI-4*
 TOPLISS, Brenda *LOA-2*
 TOTTEN, Gary *RI-1*
 TRITES, Ron *LEM-3*

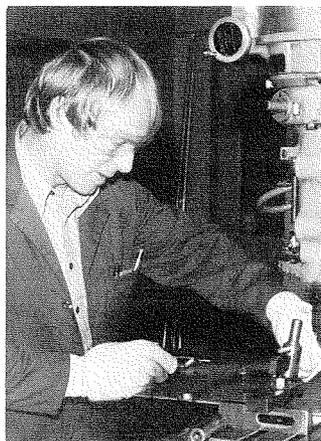
UNDERWOOD, Bob *RI-2*

VANDERMEULEN, John *LEM-2*
 VARBEFF, Boris *RI-2*
 VARMA, Herman *SCH-1*
 VASS, Peter *LEM-2*
 VAUGHAN, Betty *RI-2*
 VERGE, Ed *LOA-2*
 VETESE, Barb *CGA-1*
 VEZINA, Guy *RI-2*
 VILKS, Gus *CGA-3*
 VINE, Dick *RI-2*

WADE, John *CGA-2*
 WALDRON, Don *DPM*
 WALKER, Bob *LOA-2*
 WARD, Brian *RI-2*
 WARDROPE, Dick *RI-2*
 WARNELL, Margaret *RI-3*
 WATSON, Nelson *LEM-1*
 WEBBER, Shirley *SG*
 WENTZELL, Cathy *SP*
 WESTHAVER, Don *RI-2*
 WESTON, Sandra *SCH-2*
 WHITE, George *DPM*
 WHITE, Joe *SG*
 WHITE, Keith *SCH-3*
 WHITEWAY, Bill *LOA-3*
 WHITMAN, John *LOA-3*
 WIECHULA, Marek *RI-3*
 WIELE, Heinz *RI-5*
 WILE, Bruce *LOA-4*
 WILLIAMS, Doug *SG*
 WILLIAMS, Graham *CGA-2*
 WILLIAMS, Pat *LOA*
 WILLIS, Doug *LEM-2*
 WILSON, George *RI-1*
 WILSON, Jim *RI-2*
 WINTER, Danny *RI-2*
 WINTERS, Gary *CGA-3*
 WOOD, Bryan *DPM*
 WOODHAMS, Lofty *RI-2*
 WOODSIDE, John *CGA-5*
 WRIGHT, Dan *LOA-4*
 WRIGHT, Morley *RI-2*
 WTTEWAAL, Joan *RI-3*

YEATS, Phil *LOA-1*
 YOULE, Gordon *LOA-3*
 YOUNG, Gerry *DPM*
 YOUNG, Scott *LOA-3*

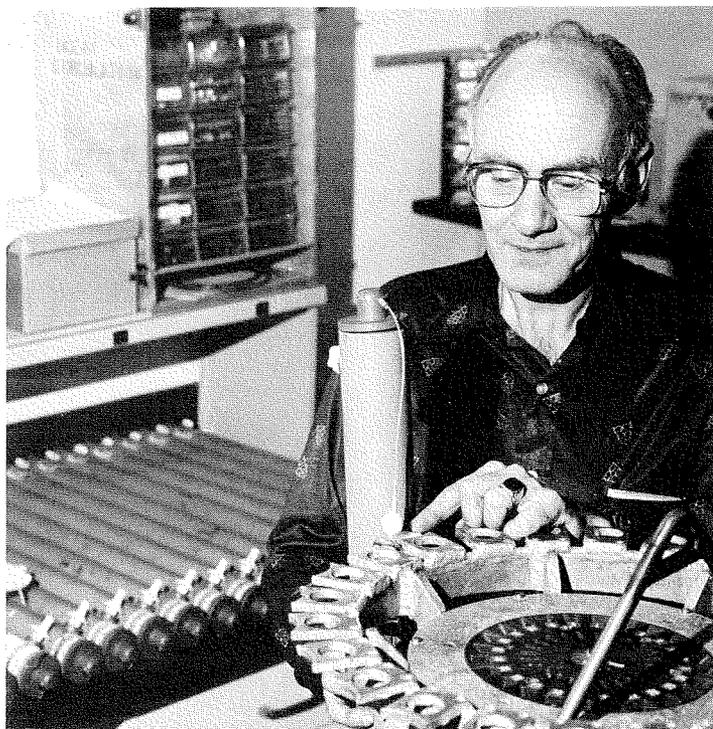
ZEMLYAK, Frank *LOA-1*
 ZEVENHUIZEN, John *CGA-5*
 ZINCK, Maurice *LEM-2*
 ZWANENBURG, Kees *DPM*



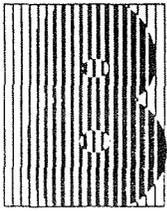
Jack Horne

QUON, Charlie *LOA-4*

RACINE, Carol *CGA-1*
 RAFUSE, Phil *Baffin*
 RAIT, Sue *SG*
 RANTALA, Reydo *LOA-1*
 RASHID, Mohammed *CGA-3*
 REED, Barry *Dawson*
 REID, Ian *CGA-5*
 REID, Jim *DPM*
 REIMER, Dwight *LEM-3*
 REINHARD, Harry *SG*
 REINIGER, Bob *LOA-4*
 REYNOLDS, Bill *Hudson*
 RICHARD, Wayne *RI-3*
 RIPPEY, Jim *Hudson*
 RITCEY, Jack *Baffin*
 ROBERTSON, Kevin *CGA-3*
 ROCKWELL, Gary *SCH-1*
 RODGER, Glen *SCH-1*
 ROOP, David *SCH-1*
 ROSE, Charlie *RI-2*
 ROSS, Charles *LOA-4*
 ROSS, Jim *SCH-2*



Bruno Greifeneder



Liste des travaux de recherche

Voici la liste des grands domaines de recherche (A, B, C etc.) et des sujets d'études (1, 2, 3 etc.) entreprises par les membres des quatre principales composantes de l'Institut océanographique de Bedford : le Laboratoire océanographique de l'Atlantique, le Laboratoire d'écologie marine, le Centre géoscientifique de l'Atlantique et le Service hydrographique du Canada (région de l'Atlantique). Cette liste était à jour fin décembre 1983. Pour tout renseignement sur ces travaux et sur ceux des autres laboratoires de l'Institut, veuillez écrire au Service des publications, Institut océanographique de Bedford, C.p. 1006, Dartmouth (Nouvelle-Écosse) B2Y 4A2.

LABORATOIRE OCÉANOGRAPHIQUE DE L'ATLANTIQUE

A. OCÉANOGRAPHIE DE LA COUCHE SUPERFICIELLE ET DE LA COUCHE MIXTE

1. Pression du vent, flux thermique et évaporation à la surface de la mer (*S.D. Smith, R.J. Anderson, F.W. Dobson*)
2. Expérience de la polynie arctique (*S.D. Smith, R.J. Anderson*)
3. Échange de CO₂ à l'interface air/mer (*E.P. Jones, S.D. Smith*)
4. Flux thermique superficiel à la station Bravo (*S.D. Smith, F.W. Dobson, J.R.N. Lazier*)
5. Étude sur le développement des vagues (*F.W. Dobson*)
6. Études sur le climat des vagues (*H.J.A. Neu*)
7. Analyse du cheminement du pétrole (*D.J. Lawrence, J.A. Elliott*)
8. Bouées dérivantes de surface (*D. Gregory*)
9. Modélisation de la trajectoire de la dérive des icebergs (*S.D. Smith*)
10. Microstructure dans les couches superficielles (*N.S. Oakey, J.A. Elliott*)
11. Mesures de la vélocité près de la surface (*N.S. Oakey*)
12. Comparaison des flux air/mer sur une longue période à partir de données historiques (*F.W. Dobson, S.D. Smith*)
13. Étude du rebord de la glace du Labrador (*G. Symonds*)
14. Études sur la glace du golfe du Saint-Laurent (*G. Symonds, G.L. Bugden*)
15. Flux atmosphériques – EZGM – L'expérience de la zone de glace marginale (*R.J. Anderson, S.D. Smith*)

16. Estimations de la pression moyenne du vent à partir de formules aérodynamiques en masse (*D. Wright, K. Thompson, R.F. Marsden*)
17. Fronts au rebord d'anneaux du Gulf Stream (*A.S. Bennett, D.J. Lawrence, C.L. Tang*)
18. Dynamique de la glace de mer – EZGM – L'expérience de la zone de glace marginale (*G. Symonds*)

B. OCÉANOGRAPHIE À GRANDE ÉCHELLE EN EAU PROFONDE

1. Formation de l'eau de la mer du Labrador (*R.A. Clarke, N.S. Oakey, J.-C. Gascard*)
2. Dynamique de la mer du Labrador (*C. Quon, R.A. Clarke*)
3. Variabilité du courant du Labrador (*A. Allen, R.A. Clarke*)
4. Détermination de l'âge dans l'eau de fond de la baie Baffin (*E.P. Jones, J.N. Smith, K. Ellis*)
5. Variabilité localisée du Gulf Stream (*R.M. Hendry, R.F. Reiniger*)
6. Expérience sur les ramifications du Gulf Stream (*R.M. Hendry, R.F. Reiniger*)
7. Expérience du bassin de Terre-Neuve (*R.A. Clarke, R.M. Hendry, A.R. Cootes*)
8. Problèmes de stabilité dans les écoulements DGF (*C. Quon*)
9. Atlas de l'Atlantique nord-ouest (*R.F. Reiniger, R.A. Clarke, R.M. Hendry, D. Gregory*)
10. Expérience dans la mer de Norvège et du Groenland (*R.A. Clarke et coll.*)
11. Hydrographie de base et flux thermique océanique (*R.M. Hendry*)
12. Front polaire ou courant de l'Atlantique nord (*J.R.N. Lazier*)
13. Écoulement d'eau par le détroit du Danemark (*C.K. Ross*)
14. Études géochimiques à l'aide de traceurs (*G.T. Needler, D. Wright*)

C. DYNAMIQUE DU PLATEAU CONTINENTAL ET DES CHENAUX

1. Expérience du cap de Sable (*P.C. Smith, D. LeFavre, K.-T. Tee, R.W. Trites*)
2. Expérience du rebord du plateau (*P.C. Smith, B.D. Petrie, J.P. Louis*)
3. Détroit de Belle-Isle (*B.D. Petrie, C. Garrett, B. Toulany, D.A. Greenberg*)
4. Dynamique du plateau – Expérience du chenal Avalon (*B.D. Petrie, C. Anderson*)
5. Brassage dû aux marées (*J.A. Elliott, H. Sandstrom*)
6. Batfish – Ondes internes (*A.S. Bennett*)
7. Dynamique de la rectification par les marées sur la topographie sous-marine (*D. Wright, J. Loder*)
8. Dynamique de la circulation résiduelle dans le golfe du Maine (*D.A. Greenberg, J. Loder, P.C. Smith, D. Wright*)
9. Mélange et circulation sur le banc George (*J. Loder, D. Wright*)
10. Circulation et dispersion sur le banc Browns (*P.C. Smith*)

D. PLATEAU CONTINENTAL ET CHENAUX – ÉTUDE DES MASSES D'EAU ET DU TRANSPORT

1. Étude du plateau et du talus du Labrador (*J.R.N. Lazier*)
2. Expérience du Bonnet flamand (*C.K. Ross*)
3. Surveillance à long terme du courant du Labrador sur le banc Hamilton (*J.R.N. Lazier*)
4. Classement des données dans les archives (*D. Gregory*)
5. Mise au point d'installations de télédétection au Laboratoire océanographique de l'Atlantique (*C.S. Mason, A.S. Bennett, B. Topliss*)
6. Océanographie du plateau continental de Terre-Neuve (*B.D. Petrie*)
7. Surveillance à long terme de la température (*B.D. Petrie, D. Dobson*)
8. Océanographie physique de l'est de l'Arctique (*C.K. Ross*)
9. Transport des eaux dans le passage du Nord-Ouest (*S.J. Prinsenberg, B. Bennett*)

E. OCÉANOGRAPHIE DES ESTUAIRES ET DES BAIES

1. Étude du fjord du Saguenay (*G.H. Seibert*)
2. Océanographie du nord-ouest du golfe du Saint-Laurent (*C.L. Tang, A.S. Bennett*)
3. Étude du courant de Gaspé (*C.L. Tang*)
4. Étude du front du golfe du Saint-Laurent (*C.L. Tang, A.S. Bennett*)
5. Variabilité saisonnière et annuelle dans le golfe du Saint-Laurent (*G.L. Bugden*)
6. Mesures du courant dans le chenal Laurentien (*G.L. Bugden*)
7. Le golfe du Saint-Laurent – Études de modélisation numérique (*K.-T. Tee*)
8. Courants de marée et courants résiduels – Études de modélisation en trois dimensions (*K.-T. Tee*)
9. Énergie marémotrice de la baie de Fundy – études d'océanographie physique (*D.A. Greenberg*)
10. Écoulements forcés dans le détroit de Canso (*D.J. Lawrence, D.A. Greenberg*)
11. Comportement physique des particules et des sédiments dans le milieu naturel (*K. Kranck*)
12. Études en laboratoire des matériaux particuliers (*K. Kranck*)
13. Dériveurs de fond (*D. Gregory*)
14. Circulation résiduelle barotropique dans la baie de Fundy et le golfe du Maine (*D.A. Greenberg*)
15. Modélisation des sédiments en suspension (*D.A. Greenberg, C.L. Amos*)
16. Processus hivernaux dans le golfe du Saint-Laurent (*G.L. Bugden*)
17. Modélisation des marées historiques (*D.A. Greenberg, D. Scott, D. Grant*)
18. Onde de tempête (*D.A. Greenberg, T.S. Murry*)
19. Mélange des vagues et du vent dans le golfe du Maine (*D.A. Greenberg, J. Loder*)
20. Circulation et flux air/mer dans la baie d'Hudson et la baie James (*S. Prinsenberg*)

F. MISE AU POINT DES DÉTECTEURS

1. Anémomètres pour bouées dérivantes (*J.-G. Dessureault*)
2. Profileurs CTP et détecteurs connexes (*A.S. Bennett*)
3. Chaînes de thermistors sur les bouées dérivantes (*G.A. Fowler, J.A. Elliott*)
4. Détecteurs biologiques toués (*A.W. Herman et coll.*)
5. Dynamique de la production primaire et secondaire sur le plateau Scotian (*A.W. Herman, D.D. Sameoto, T.C. Platt*)
6. Détecteurs biologiques à profilage vertical (*A.W. Herman, M. Mitchell, S. Young, E. Phillips*)
7. Broutage par le zooplancton et dynamique de la production phytoplanctonique (*A.W. Herman, A.R. Longhurst, D.D. Sameoto, T.C. Platt, W.G. Harrison*)
8. Mesure de la variabilité du zooplancton (*A.W. Herman, D.D. Sameoto*)
9. Acquisition de données en temps réel (*A.S. Bennett*)
10. Mesures des constantes temporelles d'une sonde CTP (*A.S. Bennett*)
11. Détecteurs biologiques amarrés (*A.W. Herman, M. Mitchell, S. Young, E. Phillips*)
12. Estimations par satellite de la productivité primaire (*B.J. Topliss*)
13. Propriétés optiques des eaux canadiennes

G. MISE AU POINT DES SYSTÈMES DE LEVÉ ET DE POSITIONNEMENT

1. Systèmes de repérage acoustique par rapport au fond (*D.L. McKeown*)
2. Systèmes de repérage acoustique par rapport au navire (*D.L. McKeown*)
3. Balayage acoustique multifréquence de la colonne d'eau (*N.A. Cochrane*)
4. Échosondage numérique (*N.A. Cochrane*)
5. Profileur de courant Doppler (*N.A. Cochrane*)

H. MISE EN PLACE DES INSTRUMENTS OCÉANOGRAPHIQUES

1. Études techniques de plate-forme fixe (*S.D. Smith, R.J. Anderson, R.G. Mills*)
2. Mise au point de systèmes d'amarrage (*G.A. Fowler, R.F. Reiniger, A.J. Hartling*)
3. Manutention et utilisation des dispositifs instruments-câbles (*J.-G. Dessureault, R.F. Reiniger*)
4. Amélioration du matériel de forage (*G.A. Fowler, P.F. Kingston, P.J.C. Ryall*)
5. Échantillonnage sur place des particules en suspension (*D.L. McKeown, B. Beanlands, P.A. Yeats*)
6. Mesure des propriétés géotechniques (*G.A. Fowler*)

I. GÉOCHIMIE DES ZONES PRÉCÔTIÈRES ET ESTUARIENNES

1. Géochimie des métaux à l'état de traces dans les zones estuariennes et côtières (*P.A. Yeats, D.H. Loring*)
2. Apports de l'atmosphère à l'océan (*P.A. Yeats, J.A. Dalziel*)
3. Géochronologie et géochimie des sédiments dans le fjord du Saguenay (*J.N. Smith, K. Ellis*)
4. Études sur le transport et la perturbation des sédiments dans la baie de Fundy (*K. Ellis, J.N. Smith, D. Wildish*)
5. Composition organique du fleuve Saint-Laurent (*R. Pocklington, F.C. Tan, D. Cossa, E. Degens*)
6. Facteurs physico-chimiques agissant sur les métaux lourds particuliers dans un estuaire à marée à forte turbidité (*D.H. Loring, A. Morris*)
7. Puits de CO₂ dans les sédiments du plateau et du talus continental (*R. Pocklington, E. Premuzic*)

8. Fjords de l'Arctique et de la côte ouest (*J.N. Smith, K. Ellis, C.T. Schafer, J.P.M. Syvitski*)
9. Voies chimiques de la dégradation du pétrole dans l'environnement (*E.M. Levy*)
10. Variabilité du climat dans les fjords (*J.N. Smith, K. Ellis, C.T. Schafer*)
11. Études sur la dégradation des plantes et des réseaux trophiques côtiers par méthodes utilisant des isotopes stables (*R. Stephenson, F.C. Tan, K.H. Mann*)
12. Géochimie des isotopes des principaux estuaires du monde (*F.C. Tan, J.M. Edmond*)
13. Examen des données océanographiques chimiques du golfe du Saint-Laurent (*J.M. Bewers*)

J. GÉOCHIMIE DES EAUX PROFONDES

1. Processus de régénération des substances nutritives dans la baie Baffin (*E.P. Jones*)
2. Carbonates et substances nutritives dans les régions arctiques (*E.P. Jones*)
3. Distribution de l'eau de fonte de la glace de mer dans l'Arctique (*F.C. Tan, P.M. Strain*)
4. Géochimie des métaux à l'état de traces dans l'Atlantique nord (*P.A. Yeats, J.A. Dalziel*)
5. Études sur le transport, le dépôt et la perturbation des sédiments sur le talus de Terre-Neuve (*J.N. Smith, K. Ellis, C.T. Schafer*)
6. Les constituants naturels de la matière organique marine (*R. Pocklington, J.D. Leonard*)
7. Études paléoclimatiques (*F.C. Tan, G. Vilks*)
8. Comparaison de la distribution verticale des métaux à l'état de traces dans l'Atlantique nord et le Pacifique nord (*P.A. Yeats*)
9. Études sur le fractionnement des isotopes du carbone dans le phytoplancton marin (*F.C. Tan, P. Wangersky*)
10. Extraction, identification et analyse de la matière organique dissoute (*R. Pocklington, F.C. Tan, T. Fu*)
11. Mesures des radionucléides dans l'Arctique (*J.N. Smith, K. Ellis, E.P. Jones*)
12. Chimie de la glace de mer (*E.P. Jones*)
13. Études sur les isotopes du carbone dans le carbone organique particulaire et dissous dans les grandes profondeurs et dans les zones côtières (*F.C. Tan, P. Strain*)

K. CHIMIE DE LA POLLUTION MARINE

1. Hydrocarbures à faible poids moléculaire dissous dans la baie Baffin (*E.M. Levy*)
2. Composantes des hydrocarbures du pétrole (*E.M. Levy*)
3. Les résidus du pétrole dans l'est de l'Arctique canadien (*E.M. Levy*)
4. Pollution par les hydrocarbures dans les océans (*E.M. Levy*)
5. Programme de surveillance de l'environnement à Pointe Lepreau (*J.N. Smith, K. Ellis, G.L. Bugden, J.M. Bewers, D. Scarratt*)
6. Normes analytiques canadiennes concernant les produits chimiques en mer (*J.M. Bewers, P.A. Yeats, J.A. Dalziel*)
7. Activités internationales (*J.M. Bewers, E.M. Levy, D.H. Loring*)
8. Expériences sur les échanges de métaux entre les phases aqueuse et sédimentaire réalisées à l'acide de caissons, effectuées en collaboration par le Canada et la République fédérale d'Allemagne (*D.H. Loring, R. Rantala*)
9. Situations d'urgence en mer (*E.M. Levy*)
10. Contamination par des métaux lourds dans un fjord du Groenland (*D.H. Loring*)
11. Concentrations des résidus de pétrole et d'hydrocarbures de faible poids moléculaire dans les régions du plateau du Labrador et du détroit d'Hudson (*E.M. Levy*)

12. Étalonnage des appareils de mesure des hydrocarbures dans la colonne d'eau et à la surface de la mer (*E.M. Levy*)
13. Surveillance de la pollution par les hydrocarbures dans le golfe du Saint-Laurent (*E.M. Levy*)

L. ÉCHANGE DE CONNAISSANCES TECHNIQUES

1. Mosaïques du fond de la mer (*J.-G. Dessureault*)
2. Systèmes de traitement des données océaniques (*J.A. Elliott*)
3. PAPA (*J.A. Elliott*)

LABORATOIRE D'ÉCOLOGIE MARINE

A. PROCESSUS DE LA PRODUCTION PRIMAIRE

1. Présentation mathématique et mise en paramètres des réactions photosynthétiques aux variations de l'intensité lumineuse (*T.C. Platt*)
2. Dépendance des paramètres photosynthèse-lumière par rapport à l'état du milieu (*T.C. Platt et coll.*)
3. Signification et nature du regroupement et de la dispersion au cours des processus de production du phytoplancton (*T.C. Platt*)
4. Physiologie et biochimie des enzymes de photosynthèse (*J.C. Smith, T.C. Platt*)
5. Taux de croissance et synthèse des protéines par le phytoplancton par rapport à l'intensité lumineuse (*W.K.W. Li et coll.*)
6. Respiration, absorption des substances nutritives et régénération dans les populations phytoplanctoniques naturelles (*W.G. Harrison et coll.*)
7. Océanographie physique et caractéristiques choisies en rapport avec les études sur l'écosystème marin (*E.P.W. Horne, T.C. Platt*)
8. Physiologie des micro-organismes marins (*W.K.W. Li*)
9. Modalités de la photosynthèse phytoplanctonique déterminées d'après la distribution du carbone radioactif parmi les polymères et métabolites cellulaires (*W.K.W. Li, T.C. Platt*)
10. Rôle du picoplancton dans l'écosystème marin (*T.C. Platt et coll.*)
11. Océanographie biologique des Grands bancs (*E.P.W. Horne et coll.*)

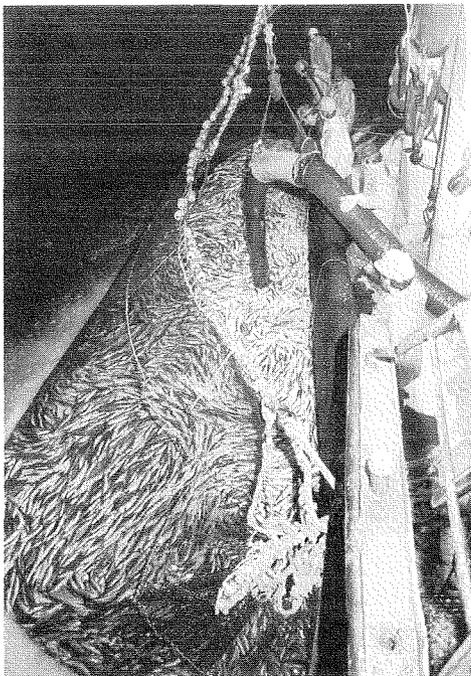
B. PROCESSUS DE LA PRODUCTION SECONDAIRE

1. Utilisation du carbone et de l'azote et facteurs agissant sur la productivité secondaire du zooplancton (*R.J. Conover*)
2. Écologie du microzooplancton dans le bassin de Bedford (*M.A. Paranjape*)
3. Mise au point d'instruments profileurs (BIONESS et LHPR) pour l'étude du plancton et du micronecton (*D.D. Sameoto*)
4. Utilisation de méthodes acoustiques pour mesurer la distribution du plancton et de l'ichtyoplancton (*D.D. Sameoto*)
5. Analyse de la microdistribution de l'ichtyoplancton et du zooplancton dans les écosystèmes de remontée des eaux (*A.R. Longhurst*)
7. Étude de la composition biochimique des particules organiques relativement à la digestion chez le zooplancton (*E. Head*)
8. Mesure des enzymes et établissement de leur utilité pour l'estimation des rythmes physiologiques et la détermination des étapes physiologiques (*E. Head*)

9. Programme BIOSTAT : zooplancton et micronecton (*D.D. Sameoto*)
10. Études sur la consommation du zooplancton produit dans un chémostat algaire (*E. Head, R.J. Conover*)

C. ÉCOLOGIE DU PLATEAU CONTINENTAL DE L'ATLANTIQUE

1. Le Programme d'étude de l'ichtyoplancton et des ressources du plateau Scotian : acquisition de données à de longues échelles temporelles et à de grandes échelles spatiales (*R.J. Conover*)
2. Cycles saisonniers d'abondance et de distribution du microzooplancton sur le plateau Scotian (*M.A. Paranjape*)



3. Comparaison des méthodes de calcul des estimations de la production secondaire à partir des données sur les populations de zooplancton (*R.J. Conover*)
4. Signification de la production planctonique de la remontée des eaux de Yarmouth par rapport à la productivité générale des stocks de poissons du plateau Scotian (*D.D. Sameoto*)
5. Flux vertical des particules vivantes et inertes dans la colonne d'eau et échanges éléments nutritifs-gaz dans la zone limitrophe entre l'eau de mer et l'aire de sédimentation sur le plateau Scotian (*B.T. Hargrave, G.C.H. Harding*)
6. Études comparatives de la structure fonctionnelle des écosystèmes pélagiques (*A.R. Longhurst*)



En haut, une grande quantité de harengs (environ 150 tonnes) est pompée à bord du bateau à senne coulissante *Mattune Mariner*, sur le banc German, au sud-ouest de la Nouvelle-Écosse. En bas, une biologiste mesure des échantillons pris dans la glissière, située derrière elle, qui achemine les poissons dans les cales.

D. ÉTUDES ÉCOLOGIQUES DANS L'ARCTIQUE L'ORIENTAL

1. Physiologie, production et distribution du phytoplancton marin (*T.C. Platt et coll.*)
2. Distribution, croissance, production et rôle de la diapause dans les communautés de zooplancton de l'Arctique (*R.J. Conover et coll.*)
3. Zooplancton et micronecton dans l'Arctique oriental (*D.D. Sameoto*)
4. Échantillons nets de microzooplancton de l'Arctique (*D.D. Sameoto*)
5. Distribution et abondance du microzooplancton dans l'Arctique (*M.A. Paranjape*)
6. Aspects éco-physiologiques des processus bactériens en mer (*W.K.W. Li*)
7. Étude des communautés épontiques dans le détroit de Barrow, 1983 (*N. Watson et coll.*)

E. ÉCOLOGIE DE LA PRODUCTION DES PÊCHES

1. Analyse acoustique des populations de poissons et mise au point de méthodes de relevés (*L.M. Dickie et coll.*)
2. Influence des facteurs génétiques et environnementaux sur les paramètres de la production (*L.M. Dickie et coll.*)
3. Variations géographiques des paramètres de la production (*L.M. Dickie et coll.*)
4. Métabolisme et croissance des poissons (*S.R. Kerr*)
5. Analyse mathématique des systèmes de production de poissons (*W.L. Silvert*)
6. Spectre de la structure par taille de production de poissons (*S.R. Kerr et coll.*)
7. Taux de croissance du plancton en fonction de la taille et de la température (*R.W. Sheldon*)
8. Études bioénergétiques : mammifères marins (*P.F. Brodie*)
9. Stratégies d'alimentation et impact écologique des larves de bivalves (*C. Abou Debs*)
10. Analyse mathématique des interactions entre les populations de poissons (*S.R. Kerr, L.M. Dickie*)
11. Interactions entre les mammifères marins et la pêche (*P. Brodie*)
12. Modèles de l'écosystème des Grands bancs (*W.L. Silvert et coll.*)

F. EFFETS DE LA VARIABILITÉ ENVIRONNEMENTALE : INFLUENCE DU CLIMAT ET DE L'ENVIRONNEMENT SUR L'ABONDANCE DES POPULATIONS DE POISSONS

1. Schémas des courants résiduels sur le plateau continental de l'Atlantique canadien établis au moyen de bouteilles dérivantes et de dériveurs de fond (*R.W. Trites*)
2. Analyses des types d'eau dans les zones de l'OPANO (*R.W. Trites, K.F. Drinkwater*)
3. Effets de l'écoulement de la baie d'Hudson sur le plateau du Labrador (*K.F. Drinkwater*)
4. Études sur le transport et la diffusion des larves (*R.W. Trites, T.W. Rowell*)
5. Courants et transport dans la zone du banc Georges et du sud-ouest de la Nouvelle-Écosse relativement à la pêche côtière et hauturière du homard (*R.W. Trites*)
6. Dispersion du pétrole en fonction des vents et des courants après le naufrage du *Kurdistan* (*R.W. Trites et coll.*)
7. Données historiques sur la section de Halifax (*K.F. Drinkwater*)
8. Variabilité environnementale – corrélations et échelles de réaction (*R.W. Trites*)
9. Variabilité climatique dans les zones de l'OPANO (*R.W. Trites, K.F. Drinkwater*)
10. Fjords de l'île Baffin (*R.W. Trites*)

G. VARIABILITÉ DU RECRUTEMENT DANS LES PÊCHES

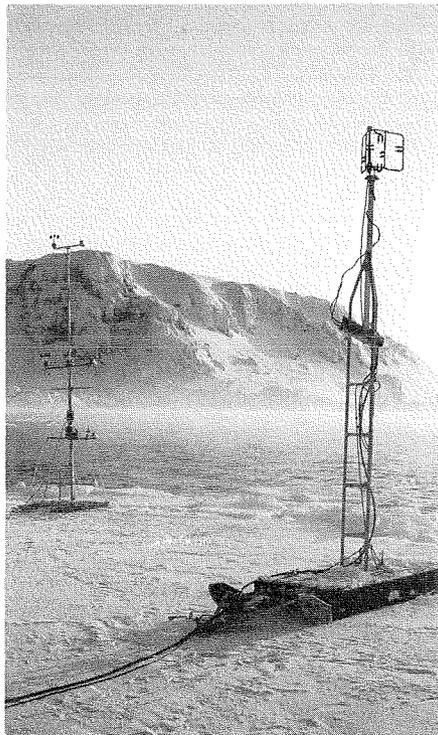
1. Modèle en régime stationnaire et caractéristiques temporaires de la circulation dans la baie St-Georges (*K.F. Drinkwater*)
2. Distribution, abondance et recrutement des larves de homard et leurs relations avec le rétablissement des stocks (*G.C.H. Harding et coll.*)
3. Variabilité saisonnière du spectre de la taille des particules planctoniques (*G.C.H. Harding et coll.*)
4. Nutrition et croissance du microplancton, du macroplancton et de l'ichtyoplancton (*R.W. Sheldon et coll.*)
5. Déplacement vertical du plancton, des matières en suspension et des substances nutritives dissoutes dans la colonne d'eau (*G.C.H. Harding et coll.*)
6. Caractérisation des masses d'eau à l'aide des spectres des particules (*R.W. Sheldon et coll.*)
7. Circulation de Langmuir et distribution à petite échelle du plancton (*T. Lambert et coll.*)
8. Dynamique de la production primaire (*K.F. Drinkwater et coll.*)
9. Couplage des systèmes de production pélagique et benthique (*P. Schwinghamer et coll.*)
10. Mise au point d'instruments pour l'étude de la distribution par taille des particules (*R.W. Sheldon*)
11. Relations trophiques dans les communautés de varech des côtes (*K.H. Mann*)
12. Hydrographie du sud du golfe du Saint-Laurent (*K.F. Drinkwater*)
13. Stratégies concernant la reproduction du poisson (*T. Lambert*)
14. Recrutement des larves de homard le long du sud-ouest de la Nouvelle-Écosse, de la baie de Fundy et du golfe du Maine (*G.C.H. Harding et coll.*)
15. Mesures à petite échelle du taux de survie des larves (*K.T. Frank*)
16. Stratégies concernant la dispersion des larves de poissons (*K.T. Frank*)
17. Cohérence spatiale à grande échelle de la réussite de la reproduction chez des stocks distincts de capelans (*K.T. Frank et coll.*)
18. Écologie des zones de pêche du sud-ouest de la Nouvelle-Écosse – Processus de production des espèces benthiques (*P. Schwinghamer et coll.*)

H. EFFETS SUBLÉTAUX DE LA CONTAMINATION

1. Induction de OFM par les PCB et leurs substituts (*R.F. Addison*)
2. Les organochlorés chez les phoques (*R.F. Addison*)
3. Devenir, métabolisme et effets des hydrocarbures dans l'environnement marin (*J.H. Vandermeulen*)
4. Dynamique des organochlorés dans l'écosystème pélagique marin (*G.C.H. Harding, R.F. Addison*)
5. Transfert des métalloïdes dans les chaînes trophiques marines (*J.H. Vandermeulen*)
6. Évaluation des dangers de «nouveaux» contaminants de l'environnement (*R.F. Addison*)
7. «Étalonnage» des OFM chez la plie rouge en vue de la surveillance des «effets» (*R.F. Addison*)

I. ÉTUDES ÉCOLOGIQUES DE LA BAIE DE FUNDY

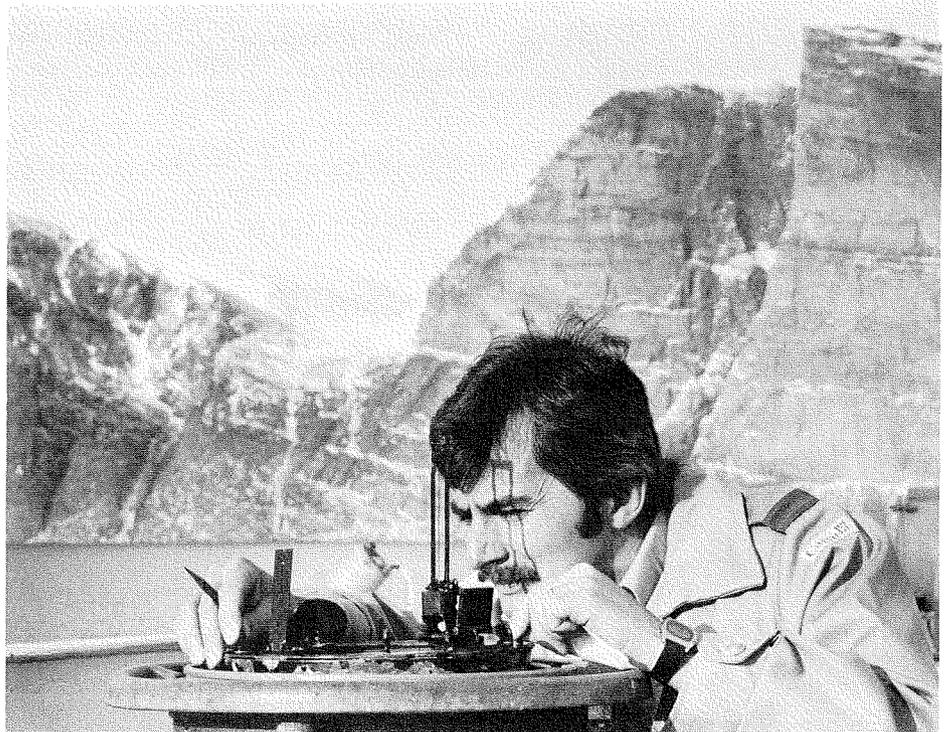
1. Dynamique de la glace dans le bassin supérieur de la baie de Fundy (*D.C. Gordon jr*)
2. Chimie des eaux et production primaire dans la baie de Fundy (*D.C. Gordon jr et coll.*)



ROGER BELANGER

Anémomètres soniques placés près de la polynie de l'île Dundas (près de l'île Devon) en vue de mesurer le flux de chaleur et la vitesse du vent.

3. Concentration, distribution, variation saisonnière et flux des nutriments inorganiques et de la matière organique dans les eaux peu profondes et les sédiments intertidaux du bassin supérieur de la baie de Fundy (*D.C. Gordon jr et coll.*)
4. Production primaire intertidale et respiration dans la zone intertidale et accessibilité de la



ROGER BELANGER

En vue de l'île Baffin, Joseph Bray vérifie le gyrocompas du nsc *Hudson* en prenant l'azimut du soleil à midi.

matière organique des sédiments

(*B.T. Hargrave et coll.*)

5. Écologie microbienne de la baie de Fundy (*L. Cammen, P. Schwinghamer*)
6. Écologie benthique de la zone subtidale de la baie de Fundy (*P. Schwinghamer, D.L. Peer*)
7. Écologie benthique de la zone intertidale du bassin supérieur de la baie de Fundy (*P. Schwinghamer et coll.*)
8. Étude du zooplancton dans le bassin de Cumberland (N.-É.) (*N. Prouse*)
9. Production, exportation et importance écologique des marais salés de la baie de Fundy (*D.C. Gordon et coll.*)
10. Modélisation des écosystèmes de la baie de Fundy (*D.C. Gordon et coll.*)

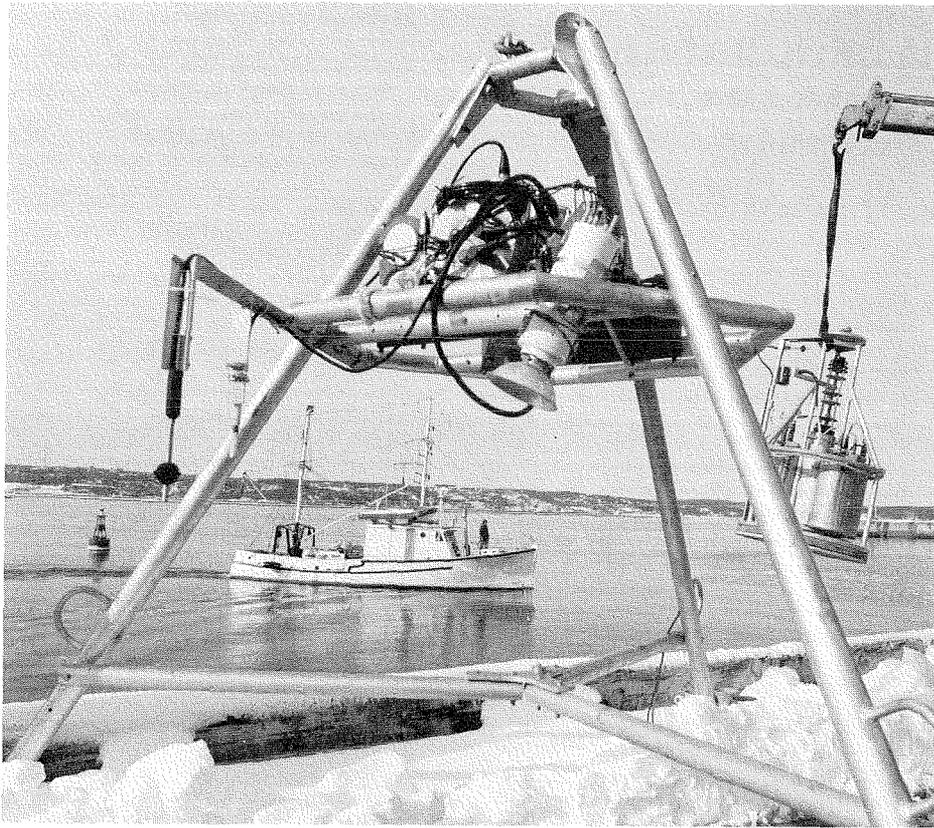
J. ÉCOLOGIE DES PROFONDEURS OCÉANIQUES

1. Études des communautés benthiques des grands fonds (*P. Schwinghamer*)
2. Mobilité des métaux à l'état de traces et des radionucléides dans les sédiments (*P. Kepkay*)
3. Rôle des amphipodes nécrophages dans le transfert des matériaux dans les profondeurs océaniques (*B.T. Hargrave*)
4. Flux verticaux sous la calotte glaciaire arctique (*D.C. Gordon jr et coll.*)

CENTRE GÉOSCIENTIFIQUE DE L'ATLANTIQUE

A. PROGRAMME CÔTIER

1. Conseils relatifs aux problèmes d'ordre environnemental rencontrés dans la zone côtière (*R.B. Taylor*)
2. Morphologie de la zone côtière et dynamique des sédiments au sud-est et à l'est de l'île du Cap-Breton (*R.B. Taylor*)
3. Morphologie, sédimentologie et dynamique de la côte de Terre-Neuve (*D.L. Forbes*)



ROGER BÉLANGER

Le Sigma-T s'approchant de la jetée de l'Institut.

4. Environnements et processus côtiers dans l'archipel Arctique canadien (*R.B. Taylor*)
5. Dynamique et processus de dépôt des sédiments dans la zone côtière (*D.L. Forbes*)
6. Côte de la mer de Beaufort (*D.L. Forbes*)
7. Processus du pergélisol sur les plages de l'Arctique (*R.B. Taylor*)
8. Géologie des couches près de la surface dans les chenaux des îles de l'Arctique (*D.J.W. Piper*)

B. INLETS CÔTIERS

1. Comportement physique des particules en suspension dans les milieux aqueux naturels (*J.P.M. Syvitski*)
2. Sédimentologie des fjords (*J.P.M. Syvitski*)
3. Étalonage du système Landsat pour l'étude de la concentration des sédiments en suspension dans le milieu marin côtier (*C.L. Amos*)
4. Dynamique des sédiments – Fond de la baie de Fundy (*C.L. Amos*)
5. Transformations géochimiques et réactions des composés organiques dans les sédiments marins récents (*M.A. Rashid*)
6. Consultations et études sur l'immersion de déchets en mer (*D.L. Forbes*)

C. PLATEAU CONTINENTAL

1. Affouillement des plateaux continentaux dû aux glaces (*C.F.M. Lewis*)
2. Stabilité et transport des sédiments sur les plateaux continentaux (*C.L. Amos*)
3. Géologie technique du plateau de l'Arctique (*C.F.M. Lewis*)
4. Géomorphologie et géologie superficielle, baie MacKenzie/plateau continental (*S.M. Blasco*)

D. TALUS CONTINENTAL

1. Processus géologiques du Quaternaire sur les talus continentaux (*D.J.W. Piper*)

E. GRANDES PROFONDEURS OCÉANIQUES

1. Géologie environnementale des grandes profondeurs océaniques (*D.E. Buckley*)

2. Géologie superficielle de la crête de Lomonosov dans l'océan Arctique (*S.M. Blasco*)
3. Modèles du faciès des turbidités modernes (*D.J.W. Piper*)
4. Variation temporelle et spatiale des courants des grands fonds dans le secteur ouest de la mer du Labrador (*C.T. Schafer*)

F. HOLOCÈNE

1. Enregistrements des événements paléoclimatiques et paléo-écologiques récents dans les sédiments des fjords (*C.T. Schafer*)

G. PLÉISTOCÈNE

1. Sédimentation durant le pléistocène-holocène dans l'inlet Hamilton et au sud-ouest du plateau continental du Labrador (*G. Vilks*)
2. Paléo-écologie quantitative du Quaternaire dans l'est du Canada (*P. Mudie*)

H. CARTOGRAPHIE DES SÉDIMENTS SUPERFICIELS ET DE LA COUCHE ROCHEUSE

1. Étude de la couche rocheuse et géologie superficielle des Grands bancs et du plateau Scotian (*G.B. Fader*)
2. Programme de cartographie de la couche rocheuse et des formations superficielles du plateau oriental de l'île Baffin (*B. MacLean*)
3. Géologie superficielle, géomorphologie et glaciologie de la mer du Labrador (*H. Josenhans*)

I. LEVÉS GÉOPHYSIQUES RÉGIONAUX

1. Levés au large de la côte est (*R.F. Macnab*)
2. Évaluation du gravimètre KSS-30 (*B.D. Loncarevic*)
3. Atlas géologique des marges continentales de l'est du Canada (*S.P. Srivastava*)
4. Réfraction sismique de l'océan Arctique et mesures géophysiques connexes (*H.R. Jackson*)

J. ÉTUDES STRUCTURALES DES PROFONDEURS

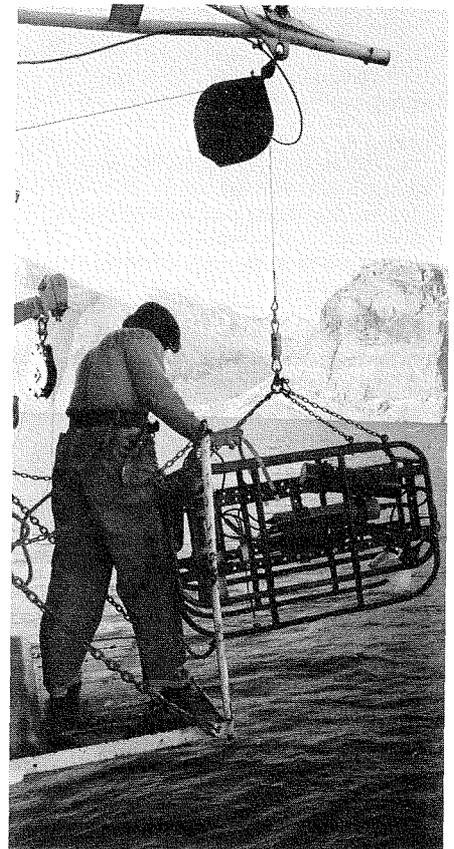
1. Études comparatives des marges continentales de la mer du Labrador et de l'Atlantique nord (*S.P. Srivastava*)
2. Études sismiques des marges continentales et des bassins océaniques de l'Atlantique nord (LASE) (*I. Reid*)
3. Géologie superficielle et structure de l'écorce de la crête Alpha, dans l'océan Arctique (*H.R. Jackson*)
4. Géologie de la marge de l'est du Canada et d'autres secteurs de la zone hauturière canadienne (*G.L. Williams*)
5. Études sismiques des marges de l'est du Canada (*I. Reid*)

K. MODÉLISATION THÉORIQUE

1. Processus tectoniques et formation de marges continentales passives (*C.E. Keen*)

L. ANALYSE DU BASSIN ET GÉOLOGIE DU PÉTROLE

1. Géologie subsuperficielle régionale des roches mésozoïques et cénozoïques de la marge continentale atlantique (*J.A. Wade*)
2. Interprétation géologique des données géophysiques pour la synthèse du bassin et l'inventaire des hydrocarbures (*A.C. Grant*)
3. Compilation des données géoscientifiques recueillies dans les bassins paléozoïques supérieurs du sud-est canadien (*R.D. Hodie*)
4. Stratigraphie et sédimentologie des roches mésozoïques et tertiaires de la marge continentale atlantique (*L.F. Jansa*)
5. Reconnaissance sur le terrain des séries mésozoïques affleurant la péninsule ibérique (*L.F. Jansa*)



ROGER BÉLANGER

Une caméra sous-marine est descendue dans un fjord arctique.

M. ÉVALUATION DES RESSOURCES

1. Inventaire des hydrocarbures des bassins sédimentaires de l'est canadien (*J.S. Bell*)
2. Études de rang et études pétrographiques du charbon et de la matière organique dispersés dans les sédiments (*P.A. Hacquebard*)
3. Études de maturation (*J.S. Bell*)

N. BIOSTRATIGRAPHIE

1. Identification et interprétation biostratigraphique des fossiles soumis (*S.M. Barss*)
2. Zonation palynologique des roches carbonifères et permien des provinces de l'Atlantique, du golfe du Saint-Laurent et du Nord canadien (*M.S. Barss*)
3. Biostratigraphie des régions de l'Atlantique et autres (*E.H. Davies*)
4. Taxonomie, phylogénie et écologie des palynomorphes (*E.H. Davies*)
5. Dinoflagellés – DSDP (*G.L. Williams*)
6. Zonation biostratigraphique (foraminifères, ostracodes) des roches mésozoïques et cénozoïques du plateau continental atlantique (*P. Ascoli*)
7. Histoire biostratigraphique des sédiments mésozoïques-cénozoïques des Grands bancs et des plateaux du nord-est de Terre-Neuve et du Labrador (d'après les foraminifères et les ostracodes) (*F.M. Gradstein*)
8. Taxonomie, biostratigraphie, paléo-écologie et paléobiogéographie des foraminifères agglutinés (*F.M. Gradstein*)
9. Mise au point d'un système de traitement des données biostratigraphiques (*M.S. Barss*)
10. Méthodes biostratigraphiques concernant les sédiments marins du Quaternaire (*G. Vilks*)

O. BASES DE DONNÉES

1. Représentant de la Commission géologique du Canada auprès du comité directeur du projet Kremp de recherche informatisée en palynologie (*M.S. Barss*)
2. Banque d'information sur les puits au large de la côte est (*G.L. Williams*)
3. Inventaire des données (*I. Hardy*)

P. PROGRÈS TECHNIQUES

1. Moniteur de la dynamique des sédiments – RALPH (*D.E. Heffler*)
2. Mise au point de carottiers à vibrations et de dispositifs de forage pour les études géotechniques, géologiques et techniques (*K.S. Manchester*)
3. Mise au point d'un système d'information sur la zone côtière (*A. Fricker, D.L. Forbes*)
4. Mise au point et mise en oeuvre de méthodes pour la manutention et l'entretien des câbles (*K.S. Manchester*)

SERVICE HYDROGRAPHIQUE DU CANADA, RÉGION DE L'ATLANTIQUE

A. LEVÉS HYDROGRAPHIQUES

1. Côtes et ports:
Baie de la Trinité (T.-N.) (*V. Gaudet, E.J. Comeau*)
Déroit de Jones (T.-N.-O.) (*M.G. Swim*)
Déroit de Belle-Isle (*M.G. Swim*)
Baie Sainte-Marie (N.-É.) (*E.J. Comeau*)
Port de Saint-Jean (N.-B.) (*E.J. Comeau*)
Liscomb (N.-B.) (*R. Mehlman*)
Shediac (N.-B.) (*M. Lamplugh*)
Richibucto (N.-B.) (*M. Lamplugh*)
Plage Hall (T.N.-O.) (*M. Lamplugh*)
Yarmouth (N.-É.) (*G.W. Henderson*)
Fort Chimo (T.N.-O.) (*G.W. Henderson*)
2. Au large du plateau Scotian (*G.W. Henderson*)
3. Révision de Liscomb à Pictou (N.-É.) (*D.A. Blaney*)
4. Reconnaissance dans l'île Baffin (*G. Rodger*)
5. Contrôle horizontal :
Baie de Bonavista (T.-N.) (*K. Malone*)
Côte est (N.-É.) (*V. Gaudet*)
6. Rivière Miramichi (*V. Gaudet*)
7. Révision – Port d'Halifax (*V. Gaudet*)

B. MARÉES, COURANTS ET NIVEAUX DE L'EAU

1. Fonctionnement du Réseau permanent des marégraphes et des indicateurs de niveau de l'eau (*S.T. Grant, C.P. McGinn, G.B. Lutwick, P. Hamilton*)
2. Inspection et entretien des marégraphes de l'Arctique (*G.B. Lutwick*)
3. Levés des marées et des courants :
Bassin Foxe – exécuté sous contrat par Dobrocky Seatech Ltd. (*S.T. Grant*)
Côte du Labrador (*C.P. McGinn*)
4. Levée des repères de nivellement de la Nouvelle-Écosse (*R. Palmer*)
5. Examen et mise à jour des Tables des marées de 1985 et des Instructions nautiques (*S.T. Grant, C. O'Reilly*)
6. Analyse de la carte cotidiale de la Miramichi (*S.T. Grant, C. O'Reilly*)
7. Soutien continu aux Services des levés hydrographiques et de production des cartes du SHC (*S.T. Grant, C. O'Reilly, C.P. McGinn, G.B. Lutwick, F. Carmichael, P. Hamilton*)

C. NAVIGATION

1. Étalonnage Loran-C pour les cartes à grande échelle du Canada atlantique (*R.M. Eaton*)
2. Correction des erreurs du Loran-C pour le Canada atlantique (*N. Stuijbergen*)
3. Évaluation du Syledis (*R.M. Eaton*)
4. Évaluation du Navstar (*R.M. Eaton*)
5. Amélioration de BIONAV (*M. Ruxton*)
6. Mise au point de la carte électronique (*R.M. Eaton*)

D. PRODUCTION DE CARTES

1. Production de 5 nouvelles cartes, 49 nouvelles éditions (46 cartes Loran-C), 7 annexes de correction et formulation de 43 Avis aux navigateurs (*R. Chapeskie, S. Weston, T.B. Smith*)

E. INSTRUCTIONS NAUTIQUES

1. Révision et publication du Guide nautique, rivière Saint-Jean, troisième édition (*R. Pietrzak*)

F. DÉVELOPPEMENT HYDROGRAPHIQUE

1. Acquisition et mise en oeuvre d'un système de balayage acoustique vertical Navitronic (*R.G. Burke, S.R. Forbes*)
2. Spécifications pour navire doté d'un système de balayage acoustique (*R.G. Burke, S.R. Forbes*)
3. Étude de gestion des données – examen des données hydrographiques ainsi que du matériel et du logiciel nécessaires pour répondre aux besoins de l'Institut (contrat exécuté sous par *MacLaren Plansearch*)
4. Évaluation d'une unité de disques HP 7914 en vue de son utilisation à bord des navires (*H. Varma*)
5. Mise en forme interactive des données bathymétriques (lien direct) (*H. Varma*)

G. RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

1. ARCS – Mise au point d'un submersible autonome télécommandé pour utilisation sous la glace dans l'océan Arctique (contrat exécuté sous par *International Submarine Ltd.*)
2. DOLPHIN – Acquisition et évaluation d'un véhicule de levé télécommandé pour couvrir les lignes de sondage parallèles en compagnie d'un navire de soutien (*K. Malone*)
3. Technique automatisée pour la conversion des cartes marines – techniques informatisées de cartographie en vue de convertir les cartes marines désuètes en cartes qui répondent aux besoins présents (contrat exécuté sous par *Marshall Macklin Monaghan*)

Le bureau BIOMAIL

Le BIOMAIL a l'Institut est un service de conseil et de liaison avec l'industrie dans le domaine de la mer et dont les fonctions sont les suivantes:

- vous aider à obtenir des informations en océanographie
- vous aider à résoudre vos problèmes dans n'importe quel domaine de l'océanographie
- permettre à votre société de profiter de nos connaissances
- faciliter la réalisation conjointe de projets par l'Institut et l'industrie
- permettre aux personnes compétentes de se rassembler pour développer l'industrie océanographique.

Le BIOMAIL ne se limite pas aux activités locales ou même canadiennes; nous avons accès à des informations globales et nous sommes en contact avec des experts du monde entier. Le bureau BIOMAIL veut répondre aux intérêts de l'industrie canadienne pour le plus grand profit de tous nos concitoyens.

ADRESSE: BIOMAIL

Institut océanographique
de Bedford

C.P. 1006

Dartmouth (Nouvelle-Écosse)

B2Y 4A2 CANADA

Téléphone: (902) 426-3698

Télex: 019-31552



**Institut Océanographique
de Bedford**

  Pêches
et Océans

Fisheries
and Oceans

  Énergie, Mines et
Ressources

Energy, Mines and
Resources

  Environnement

Environment

ISSN 0820-0254

