

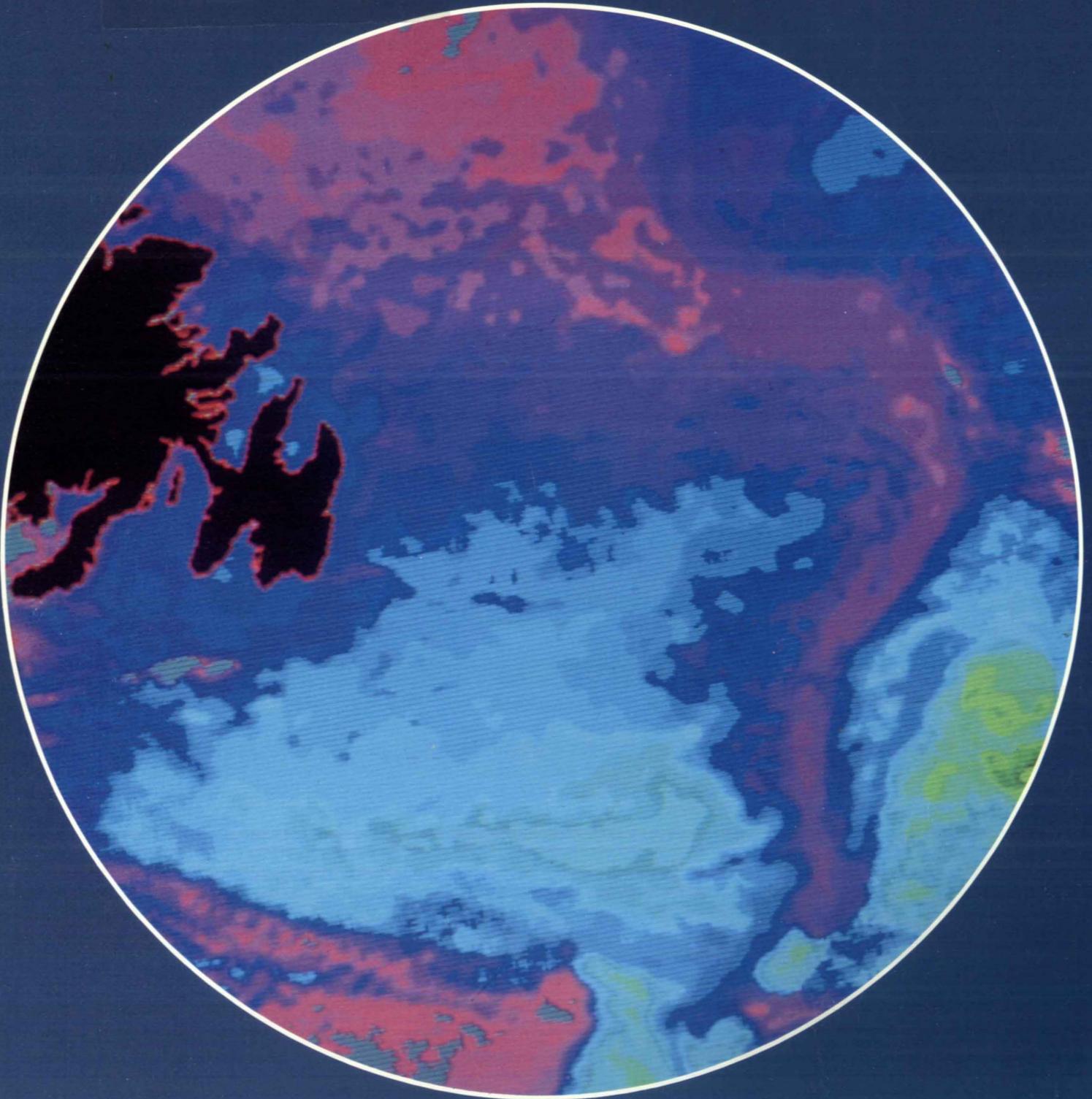
Institut Océanographique
de Bedford

REVUE 1985
de L'IOB

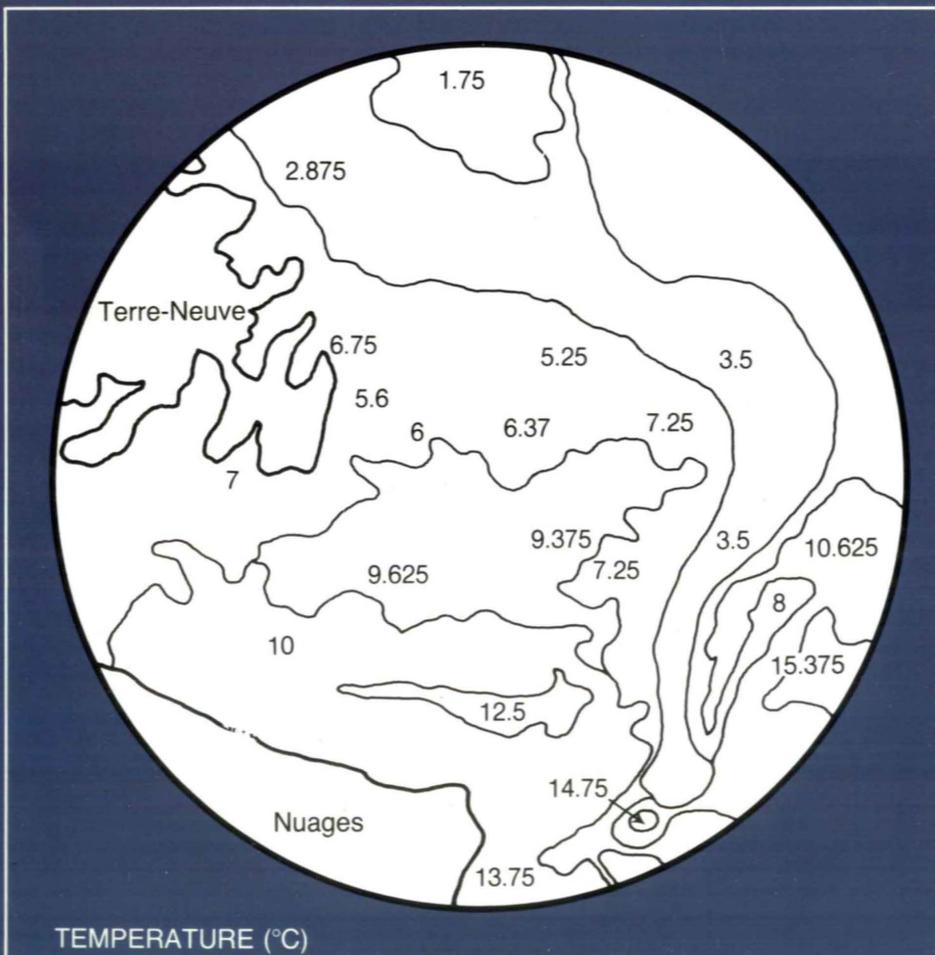
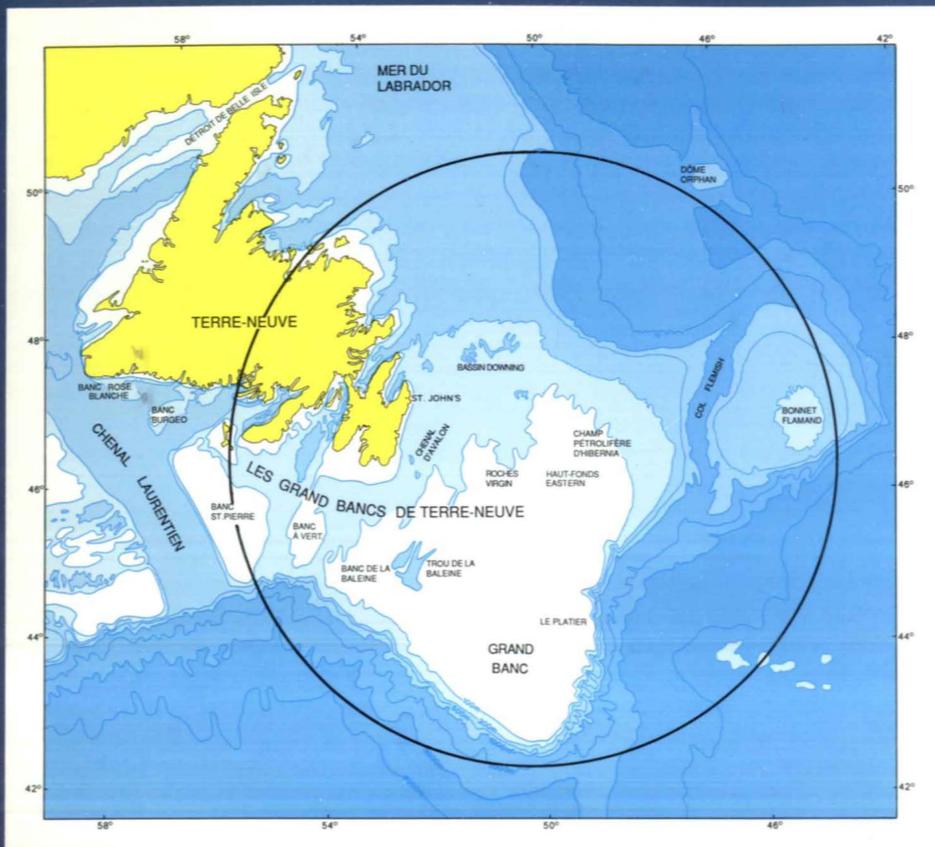
DFO - Library / MPO - Bibliothèque



09064478



Canada



Couverture:

Une image infrarouge prise par satellite présentant la température de la mer en surface (TMS) sur les Grands Bancs de Terre-Neuve. L'image a été captée le 31 octobre 1984 par un satellite NOAA-7 depuis une altitude de 833 km. La bande magnétique portant les données infrarouges a été traitée et mise en forme pour la TMS par Kevin Reid à l'installation de traitement des images logée à l'I.O.B. Cette installation a été conçue par Perceptron Computing Inc., de Toronto. Le logiciel d'analyse utilisé pour traiter et mettre en forme l'illustration a été fourni par le Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Sciences.

L'image illustre bien plusieurs caractéristiques océanographiques de la région. Le Courant du Labrador prend la forme d'une étroite bande d'eau froide (de 1 à 3,5°C) dans le tiers supérieur de l'image et se rétrécit appréciablement entre les 49° et 48° parallèles aux limites nord des Grands Bancs. Il côtoie les Grands Bancs suivant un itinéraire parallèle à l'isobathe de 200 m. Dans la partie du Courant du Labrador qui touche au plateau continental, la température de l'eau est très variable; on y trouve des eaux à 3°C renfermant des couches d'eau d'environ 7°C. À un point situé à 44° de latitude nord par 49° de longitude ouest, la variabilité de la température frontale est assez régulière et ondulatoire. Près de la Queue du Grand Banc, le Courant rencontre une masse d'eau plus chaude ayant une température centrale d'environ 15°C. On signale que la zone rougeâtre dans la partie sud-ouest (en bas à gauche) de l'image est une couche nuageuse et non pas une partie du Courant du Labrador.

La section côtière du Courant du Labrador apparaît comme une zone plus froide (de 5° à 7°C) du chenal d'Avalon. Le long de la 47° parallèle ainsi que dans la zone sud-ouest vers le banc de la Baleine et le chenal de l'Églin, la limite vers le large des eaux plus froides correspond à l'isobathe de 100 m.

La partie centrale des Grands Bancs est caractérisée par des eaux plus chaudes où le TMS s'élève jusqu'à 12,5°C au Platier (près d'un point situé à 44°20'N et 50°20'O). Cette masse d'eau plus chaude située sur le Platier constitue un autre phénomène reconnu des Grands Bancs sur lequel se penchent actuellement les scientifiques du MPO à l'I.O.B. et au Centre des pêches de l'Atlantique nord-ouest, situé à St John's (Terre-Neuve).

Océanographie régionale :

Les Grands Bancs de Terre-Neuve

Depuis mille ans et plus, les Grands Bancs ont formé des générations de marins et offrent grande richesse à quelques-uns mais maigre gagne-pain au plus grand nombre. Ils constituent toujours une région très dangereuse que doivent traverser les bateaux qui parcourent l'Atlantique entre l'Amérique du Nord et le vieux continent. Maintenant, dans les années 80, ils sont le lieu à la fois d'un défi en matière de développement des pêches canadiennes et d'une grande aventure technologique. C'est une région que nous devons apprendre à mieux connaître : ce numéro de la *Revue de l'IOB* montre comment les océanographes et les hydrographes fédéraux travaillent en ce sens dans l'est du Canada.

Les premières expéditions des Normands qui s'étaient établis au sud-ouest du Groenland les amenèrent certainement à parcourir le nord des Grands Bancs, lorsqu'ils allèrent s'installer au nord de Terre-Neuve, et aussi durant leurs incursions probables vers le sud, en direction du cap Cod, et vers l'ouest en direction des Grands Lacs. Ces premiers explorateurs connaissaient sûrement très bien les problèmes particuliers que posent les glaces, les brumes et les hauts-fonds de cette zone, ainsi que l'abondance d'oiseaux de mer, de poissons et de cétacés qui attira tant de voyageurs par la suite. Après les récits enthousiastes que fit Jean Cabot de son arrivée à Terre-Neuve en 1497, des pêcheurs venus d'Angleterre, de France, du nord de l'Espagne et du Portugal se mirent à sillonner l'Atlantique pour rapporter de la morue salée et de l'huile de baleine. Ce commerce suscita plusieurs amères petites guerres et firent naître le problème du « French Shore » dans le nord de Terre-Neuve, au 19^e siècle; c'est seulement en 1977, avec la déclaration de la zone économique de 200 milles, couvrant une bonne partie des Grands Bancs, que le Canada régla définitivement la question.

Jusque dans les années 1960, les goélettes portugaises, accompagnées de leurs flottilles de petits doris de bois, venaient prendre la morue sur les Grands Bancs, gar-

dant la tradition séculaire de la pêche à la ligne à main. Pendant cette longue période, si les gouvernements européens et nord-américains défendaient leurs pêcheurs des Grands Bancs, c'était en grande partie parce que leurs flottilles constituaient des pépinières de marins qui pourraient servir dans la marine en temps de guerre : l'aptitude des terre-neuvas à manoeuvrer de petits bateaux par grosse mer a dû, au fil des années, sauver bien des vies sur des mers lointaines. Le légendaire brouillard qui enveloppe si souvent les Grands Bancs, la banquise et les icebergs qui descendent de l'Arctique oriental, ont amené bien des traversées, notamment celle du *Titanic*, à une fin brutale et tragique, et ces naufrages ont progressivement affiné le savoir des marins et les techniques de la navigation. Ironie du sort, la terrible nuit du 15 février 1982, où une violente tempête d'hiver engloutissait les 84 membres d'équipage de la plate-forme *Ocean Ranger*, et 33 des 37 marins du cargo soviétique venu à leur rescousse, nous permettra d'améliorer encore nos connaissances.

Mais, demandera le lecteur, où est le rapport avec l'océanologie et l'IOB? Comme nous espérons le montrer dans la présente revue, les questions parallèles de la responsabilité canadienne en matière de pêche sur les Grands Bancs et la possibilité d'atteindre l'autosuffisance énergétique dans l'est du Canada grâce au champ pétrolier Hibernia, demandent l'une et l'autre une forte intervention sur le plan scientifique, intervention dont l'IOB a assuré une bonne partie ces dernières années.

Comme c'était le cas pour la recherche climatologique, sujet de la *Revue 1984 de l'IOB*, le lecteur découvrira rapidement que nos travaux sur les Grands Bancs ne sont pas structurés en un seul grand projet; au contraire, nos divisions de recherche et de levés sont chargées de réaliser nombre de projets dont certains portent uniquement sur un problème touchant les Grands Bancs, alors que d'autres produiront des résultats généraux qui s'appliqueront dans l'ensemble de l'est du Canada, Grands Bancs y compris. Étant donné



La photographie historique de gauche (prise vers 1911) montre les doris remorqués en série derrière une goélette et lâchés un par un pour pêcher la morue. Cette méthode plusieurs fois centenaire a été utilisée sur les Bancs de Terre-Neuve jusqu'aux années 1960. Le travail était dur et dangereux, particulièrement en été lorsqu'apparaissait soudainement le brouillard ou que se levait la tempête. Quand le vent et les vagues se déchaînaient, les doris s'éloignaient du navire et, selon un auteur, le nombre de marins disparus de cette manière est supérieur aux pertes causées par les naufrages.

(Photographie aimablement prêtée par le Maritime Museum of the Atlantic, collection F.W. Wallace)

que les phénomènes qui se produisent sur les Grands Bancs sont causés par des processus et événements océanographiques nés dans l'océan Atlantique et la mer du Labrador, loin des Bancs eux-mêmes, nous évoquerons les recherches qui sont menées à ce sujet. Il n'est pas facile, ni forcément utile, d'estimer précisément le coût de tous ces projets, qui composent environ 20 % des dépenses du MPO à l'Institut, soit un total d'environ 7,9 millions de dollars. Il faut noter que les spécialistes de la gestion des pêches qui se trouvent à l'Institut ne sont pas chargés de faire des recherches au large de Terre-Neuve; cette tâche revient aux membres du Centre des pêches de l'Atlantique nord-ouest du MPO, à St. John's (Terre-Neuve), centre avec lequel les océanographes de l'Institut collaborent pour de nombreux projets. À ce sujet, nous présentons un article spécialement rédigé pour l'occasion par Larry Coady et Scott Akenhead, de St. John's.

Comme le découvrira le lecteur de la *Revue*, les recherches que nous menons pour épauler la gestion des pêches et l'exploration pétrolière sur les Grands Bancs prennent des formes diverses et couvrent toutes les disciplines de l'océanographie. Certains travaux sont réalisés directement à la demande de l'industrie, qui a besoin des avis les meilleurs et des données les plus précises sur les conditions du milieu marin : bathymétrie des ports et des grandes baies, régime des vagues, comportement des glaces, courants et poussées de courant, importance des sédiments charriés sur le fond et statistiques concernant les séismes sur le plateau continental, statistiques et mécanique de l'érosion due aux icebergs, et de nombreux autres

sujets. Certains projets sont réalisés uniquement parce qu'ils constituent la seule façon pour nous, ou pour divers secteurs de l'industrie, de comprendre la variabilité des brouillards, des glaces et des courants sur les Grands Bancs : les variations annuelles du courant du Labrador et l'interaction du Gulf Stream et de la topographie des Grands Bancs en sont des exemples. D'autres projets encore sont lancés parce que l'étude des caractéristiques particulières des Grands Bancs apporte des résultats d'une grande envergure : l'histoire de la structure de la marge continentale, et la grande faille transformante qui forme le flanc sud des Grands Bancs, par exemple. Enfin, d'autres recherches viennent étayer des travaux plus immédiats menés sur la biologie des pêches et la pollution marine par les scientifiques de St. John's : l'influence sur la production halieutique de l'écoulement du détroit d'Hudson, la modélisation des effets de la pollution sur les stocks de poisson, les processus qui régissent la production biologique sur les Bancs.

Tout en présentant certaines des façons dont l'IOB s'attaque à ces problèmes, cette parution de la *Revue* contient, comme les autres années, un guide sur l'organisation, les travaux de recherche, les expéditions de l'Institut ainsi que sa production d'articles, de rapports et de cartes; nous espérons qu'il continuera à être utile aux lecteurs.

— A.R. Longhurst

Directeur général
Ministère des Pêches et des Océans
Institut océanographique de Bedford

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| OCÉANOGRAPHIE RÉGIONALE : LES GRANDS BANCS DE TERRE-NEUVE <i>(A.R. Longhurst)</i> | 1 |
| 1. SCIENCES ET LEVÉS SUR LES GRANDS BANCS : GOUVERNEMENT ET INDUSTRIE <i>(H.B. Nicholls)</i> | 4 |
| 2. GÉOSCIENCES <i>(D.I. Ross)</i> | 12 |
| Marges passives : l'exemple des Grands Bancs <i>(C.E. Keen)</i> | 13 |
| Géologie des dépôts meubles et de la roche en place dans la région des Grands Bancs <i>(G.B.J. Fader)</i> | 16 |
| Formes de l'érosion due aux icebergs sur les Grands Bancs <i>(D.I. Ross et M. Lewis)</i> | 20 |
| Stabilité de la pente continentale à proximité des Grands Bancs <i>(D.J.W. Piper)</i> | 23 |
| 3. OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE ET CHIMIQUE <i>(J.A. Elliott)</i> .. | 27 |
| Concentration ambiante et origine des résidus du pétrole sur les Grands Bancs <i>(E.M. Levy)</i> | 27 |
| Glace de mer et icebergs <i>(S.D. Smith et G. Symonds)</i> | 35 |
| Courants moyens et courants variables dans les eaux des Grands Bancs <i>(B.D. Petrie)</i> | 38 |
| 4. BIOLOGIE <i>(K.H. Mann)</i> | 42 |
| Évaluation des stocks et recherches halieutiques sur les Grands Bancs <i>(L.W. Coady et S.A. Akenhead)</i> | 43 |
| Effets du courant du Labrador et de l'apport d'eau douce de la baie d'Hudson sur l'écologie des Grands Bancs <i>(K.F. Drinkwater)</i> | 47 |
| Projet de modélisation des Grands Bancs <i>(W. Silvert)</i> | 50 |
| Activité microhétérotrophique sur les Grands Bancs : le sous-modèle biologique <i>(M.A. Paranjape et R.E. Smith)</i> | 55 |
| Les oiseaux de mer et les Grands Bancs <i>(R.G.B. Brown)</i> | 57 |
| 5. CARTOGRAPHIE DES GRANDS BANCS ET DES RÉGIONS LIMITOPHES <i>(R. Pietrzak)</i> | 60 |
| 6. CARTES ET PUBLICATIONS | 64 |
| 7. EXPÉDITIONS | 75 |
| 8. ORGANISATION ET PERSONNEL | 84 |
| 9. LISTE DES TRAVAUX DE RECHERCHE | 88 |
| 10. EXTRAITS DU JOURNAL DE BORD DE L'INSTITUT | 94 |

La *Revue* de l'IOB est publiée chaque année par l'Institut océanographique de Bedford. Pour tout changement d'adresse et demande de renseignements, s'adresser au :

Service des publications
Institut océanographique de Bedford
C.P. 1006
Dartmouth (Nouvelle-Écosse)
Canada B2Y 4A2

ISSN 0820-0254

N° de catalogue FS 45-203/1985F
ISBN 0-662-93647-7

An English version is also available

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1985

Revue 1985 de l'IOB:

Rédacteur en chef —
Michel P. Latrémouille

Coordonnatrice de la production —
Micheline Gilbert

Composition —
Aubut & Associates Ltd.
Ottawa

Impression —
Kromar Printing Ltd.,
Winnipeg

Traduction —
Denise Campillo-Cerf, avec la collaboration d'Hélène Bernard et de Lynne Dwyer

Sciences et levés sur les Grands Bancs : gouvernement et industrie

L'IOB est l'un des grands centres canadiens de recherche océanographique et de levés hydrographiques et, à ce titre, répond aux besoins nationaux en offrant services, conseils et expertise. Fidèle à la perspective de développement technologique inscrite dans la politique économique du gouvernement fédéral, l'Institut s'attache avant tout à mener des recherches qui soient utiles à l'industrie. Nous expliquons ici comment il s'efforce de répondre aux besoins de trois secteurs dans une zone géographique donnée, les Grands Bancs, et examinons les liens et interactions qu'il entretient avec l'industrie.

L'objectif de l'IOB est quadruple :

- 1) mener des recherches fondamentales à long terme dans tous les domaines des sciences de la mer, et rassembler une grande équipe d'experts canadiens;
- 2) mener à court terme des travaux de recherche appliquée afin de répondre aux besoins nationaux actuels, et donner des conseils sur la gestion du milieu marin, notamment sur les ressources halieutiques et les hydrocarbures que recèlent les fonds océaniques;
- 3) mener les travaux de levés et de cartographie nécessaires pour fournir des cartes marines suffisamment précises de la région qui va du banc Georges au Haut-Arctique;
- 4) apporter l'aide et le concours de ses experts en cas de situation d'urgence se présentant dans la région.

C'est surtout dans les domaines de la recherche appliquée et de l'hydrographie que l'Institut collabore avec l'industrie. En 1984-1985, le financement de la recherche appliquée concernant les

Grands Bancs, si l'on tient compte de toutes les sources de fonds ainsi que des frais généraux et des services de soutien, a atteint 6,4 millions de dollars (soit 16 %); dans le domaine des levés hydrographiques et de la production de cartes, le montant atteignait 4,8 millions de dollars (soit 30 %). Il ne faudrait toutefois pas ignorer l'importance de la recherche fondamentale à long terme dans les services à l'industrie. Dans le domaine scientifique, la recherche fondamentale est nécessairement à la base de la recherche appliquée, et certains aspects qui semblent sans application immédiate aujourd'hui peuvent revêtir une importance exceptionnelle dans dix ans. C'est particulièrement le cas en océanographie, où une bonne partie des connaissances qui sont maintenant appliquées à la résolution des problèmes les plus urgents du milieu marin sont le fruit de la recherche fondamentale menée les années antérieures. S'il est possible de donner aujourd'hui des conseils à l'industrie, c'est à cause des travaux fondamentaux qui ont été entrepris il y a cinq ou dix ans.

Les programmes menés par l'Institut sont utiles à diverses industries qui exercent leurs activités sur les Grands Bancs, et principalement à la pêche, au transport maritime et à l'industrie pétrolière. Nous devons toutefois signaler au départ que les programmes de l'Institut sont rarement axés sur une région donnée comme les Grands Bancs; dans leur ensemble, ils ont une envergure beaucoup plus large. Ainsi, tandis que certaines des études présentées ci-dessous concernent précisément les Grands Bancs, d'autres intéressent l'ensemble du littoral oriental canadien, les Bancs y compris. De même, rares

sont les projets orientés vers un seul secteur d'activité.

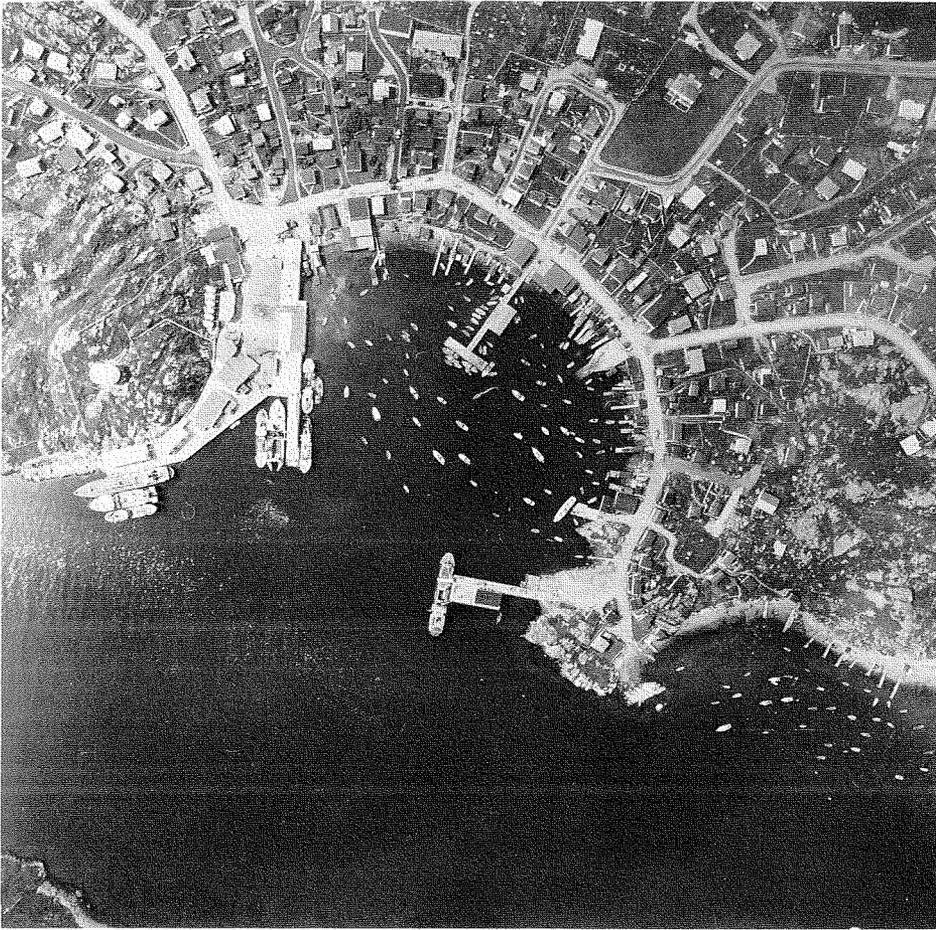
L'un des objectifs de l'Institut est de contribuer au développement d'une industrie océanologique autonome au Canada, tant dans le secteur de la fabrication que dans celui de la recherche-développement à contrat. Cette industrie ne s'attache évidemment pas à une zone géographique donnée, et nous ferons référence à certaines des sociétés qui travaillent avec l'Institut sur les Grands Bancs.

La pêche

Depuis toujours, l'Institut s'intéresse à la pêche sur la côte atlantique, et notamment sur les Grands Bancs. Ses programmes présentent quatre orientations principales :

- progrès techniques dans la détection du poisson et l'évaluation des stocks;
- meilleure connaissance des facteurs qui causent la variabilité des stocks de poisson;
- évaluation des conséquences de l'activité industrielle sur les pêches;
- étude des effets sur la pêche des modifications du système atmosphère-océan.

L'interaction avec l'industrie se fait à des degrés différents. Par exemple, la plus grande partie des recherches menées à l'Institut sur le renouvellement à long terme des stocks de poisson constitue l'infrastructure océanographique et écologique à partir de laquelle travaillent les laboratoires des pêches du ministère des Pêches et des Océans, alors que les travaux concernant le système atmosphère-océan sont des recherches fondamentales à long terme dans un domaine d'intérêt national. Dans les



ROGER BÉLANGER

À Terre-Neuve, les villages de pêcheurs comme celui-ci, qui se trouve dans les îles Ramea, sur la sauvage côte sud, dépendent exclusivement du transport par eau. Pour améliorer les cartes qu'utilisent les pêcheurs, les pouvoirs publics y incorporent maintenant les grilles de radionavigation qui tiennent compte de la distorsion causée par la proximité des côtes.

deux cas, l'industrie de la pêche ne constitue pas un client immédiat.

Améliorer la rentabilité de la pêche grâce aux progrès techniques

L'industrie de la pêche ne se compare pas à l'industrie pétrolière en matière d'utilisation de la production scientifique; les problèmes techniques des pêches sont en général résolus par l'industrie elle-même. Toutefois, nous surveillons de près la situation de façon à assurer le lien entre les possibilités qui s'ouvrent en matière de services de données et les utilisations qui peuvent en être faites par l'industrie.

Les pêcheurs peuvent maintenant disposer de nouvelles cartes marines

adaptées à leurs besoins, donnant de l'information sur les fonds marins, pour les Grands Bancs et d'autres régions, à la suite d'une entente passée entre l'Institut et la société terre-neuvienne NORDCO. Avant l'établissement de ces cartes, c'était à la demande d'un pêcheur que des renseignements sur la géologie des fonds étaient fournis, de façon ponctuelle. La société NORDCO a présenté une proposition spontanée ⁽¹⁾, soutenue par l'Institut. Cette proposition a été suivie par d'autres contrats et par le transfert de données de l'Institut. La société NORDCO commercialise maintenant ses cartes.

Les chercheurs se sont aussi intéressés aux besoins des petits bateaux de

pêche dans le domaine des systèmes de radionavigation qu'utilisent très facilement les grands navires. Ils ont en particulier mesuré la distorsion qui affecte les grilles de radionavigation à proximité des côtes et des îles, et porté ces corrections sur les cartes utilisées par les pêcheurs, notamment celles dont il est question plus haut.

Les spécialistes d'océanographie physique collaborent avec les météorologues du Service de l'environnement atmosphérique dans le cadre d'un projet visant à améliorer les prévisions détaillées des conditions pendant les tempêtes; si les prévisions sont insuffisamment précises, il y a d'une part un risque de perte de vies humaines, et d'autre part un gaspillage du temps de pêche si la tempête est moins violente que prévu (voir plus loin, dans la section sur l'industrie pétrolière, des détails sur le Programme d'étude des tempêtes dans l'Atlantique canadien).

Les recherches menées à l'Institut sur la détection acoustique du poisson ont permis d'améliorer très nettement la détection du poisson de fond grâce à un système qui mesure non seulement l'abondance mais aussi la taille des poissons. Cet appareil devrait être mis sur le marché aussitôt que possible, et des conversations sont en cours avec des fabricants éventuels.

Conséquences pour les pêches de l'activité industrielle

L'Institut a la responsabilité d'utiliser sa vaste expertise pour évaluer les conséquences des projets de développement industriel. D'une part, il aide à l'élaboration des lignes directrices des études nécessaires pour étayer les énoncés des incidences environnementales, et il collabore à l'examen de ces énoncés dans le cadre du Processus d'évaluation et d'examen des incidences environnementales, et d'autres mécanismes officiels. D'autre part, il examine les plans d'intervention d'urgence de tous les forages d'exploration; par ailleurs, les scientifiques doivent mener certaines recherches connexes parce que l'Institut possède les principaux experts canadiens du domaine, ou parce qu'il est essentiel que nos chercheurs soient parfaitement au courant des problèmes sur lesquels ils doivent donner leur opinion.

⁽¹⁾ Le Programme des propositions spontanées est un complément à la politique d'impartition du gouvernement en matière de science et de technologie; il permet au secteur privé de présenter, de sa propre initiative, des propositions de travaux scientifiques. L'objet du programme, qui est financé par le gouvernement fédéral, consiste à encourager l'industrie à participer à la réalisation des objectifs nationaux, et à permettre aux pouvoirs publics de mieux juger des possibilités de l'industrie canadienne.

L'Institut est extrêmement actif dans la région des Grands Bancs en ce qui concerne l'évaluation des effets sur les pêches de l'activité industrielle, ainsi que dans d'autres secteurs. Nous notons par exemple l'énoncé des incidences environnementales concernant le champ pétrolier Hibernia. Cet énoncé a été déposé le 15 mai 1985, et la compagnie Mobil Oil Canada a ainsi entamé la procédure qui pourrait la faire passer du stade de l'exploration à celui de la production. Une commission d'étude Canada-Terre-Neuve a été établie et elle doit présenter son rapport à la fin de l'année. Au moment de la rédaction du présent texte (juin-juillet 1985), le personnel de l'Institut s'occupe de l'examen technique des quatre volumes de l'énoncé et des nombreux documents connexes. Les ministères (EMR et MPO) définiront leur position en se fondant en partie sur l'examen effectué par l'Institut, dont les membres participeront en tant qu'experts aux audiences publiques.

Les chercheurs du Laboratoire d'écologie marine (LEM) travaillent à modéliser les effets possibles des marées noires sur l'écosystème des Grands Bancs. Ce projet est financé par le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, par l'intermédiaire du Comité interministériel de recherche et développement énergétiques⁽²⁾. Nous espérons que ce travail de modélisation dépassera les méthodes traditionnelles d'évaluation des incidences et, de plus, établira la base permettant de rassembler les données sur l'écosystème des Grands Bancs. Ce projet est d'autant plus important qu'il se situe dans le sens d'une approche globale de l'évaluation des incidences environnementales, comme le recommande un rapport récent du Bureau d'examen des évaluations environnementales (BEEE) (Beanlands et Duinker, 1983). Un des éléments fondamentaux du projet est l'établissement d'ateliers de modélisation interactive rassemblant des scientifiques du domaine. Des chercheurs hollandais et allemands qui ont mis au point des modèles similaires ont été

L'exploitation du pétrole et les pêches

Quelles incidences va avoir l'exploitation des réserves d'hydrocarbures dans l'Atlantique canadien sur les stocks de poisson et la pêche dans les eaux du large? Bien des gens étaient mal informés lorsqu'en octobre 1980 l'IOB a organisé deux jours de consultation scientifique sur ce sujet controversé. L'objectif en était de tenter de définir la position des scientifiques sur les conséquences prévisibles d'une augmentation de la pollution par le pétrole, augmentation que rendait probable la production d'hydrocarbures à l'île de Sable et sur les Bancs de Terre-Neuve. La consultation était organisée par le sous-comité des écosystèmes et de l'environnement marin du CSCPCA (Comité scientifique consultatif des pêches canadiennes dans l'Atlantique), et devait permettre à une portion au moins du monde scientifique de s'entendre sur les incidences les plus probables.

Étant donné la complexité du problème, il a été décidé de limiter le sujet des deux jours de consultation. Chacun des experts a été chargé d'étudier une question à l'avance et de l'exposer, avant une discussion en profondeur. La série de questions était très limitée :

1. Quelles seraient vraisemblablement l'échelle et la fréquence de libérations accidentelles d'hydrocarbures causées par le développement prévisible de l'activité sur la côte est du Canada?
2. Quel est le niveau de pollution par le pétrole qui est prévisible dans l'eau et les sédiments, et quels en seraient les effets physiologiques sur le biote?
3. Quels genres de programmes d'observation seraient nécessaires pour détecter les effets du pétrole sur le biote?
4. Quelle est la probabilité de voir ces effets nuire au recrutement, et de pouvoir séparer ce phénomène des variations naturelles du recrutement?
5. Quelles sont les conséquences prévisibles de cette exploitation sur les opérations de la pêche hauturière?
6. Si des mesures correctrices sont prises, quels en seraient les effets?

Le débat n'a pas touché les pêcheries côtières, les plages, les ports ni la nature sur le littoral, car les problèmes très importants qui se posent dans la zone côtière sont beaucoup mieux cernés que les conséquences de l'exploitation pétrolière dans les eaux du large. Les opinions exprimées l'étaient à titre personnel, et ne reflétaient pas la position d'un organisme. Les participants n'ont pas examiné les possibilités d'intervention des services publics pour régler les problèmes exposés, et ont convenu que le fruit de leurs débats ne pourrait pas remplacer une étude des mêmes problèmes qui serait entreprise de façon officielle sur une longue période. Enfin, la consultation n'a donné lieu à aucune recommandation officielle, qui d'ailleurs aurait été mal venue.

Malgré les restrictions ci-dessus, la consultation a atteint son but. Les personnes intéressées par le détail des réponses qui ont fait l'objet d'un consensus peuvent consulter le rapport suivant :

Longhurst, A. (éditeur). 1982. Consultation on the consequences of offshore oil production on offshore fish stocks and fishing operations. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques n° 1096 : 95 p.

consultés. Le système de modélisation interactive se fonde sur un programme de micro-ordinateur mis au point au LEM dans le cadre du projet. Le travail s'organise en trois phases :

- a) élaboration d'un modèle global représentant la dynamique et les principales voies trophiques de l'écosystème des Grands Bancs;
- b) définition et modélisation des interactions importantes par le biais desquelles les déversements d'hydrocarbures pourraient toucher le biote des Grands Bancs;
- c) élaboration du modèle en vue de la

⁽²⁾ Le Comité de recherche et développement énergétiques (CRDE) est un comité interministériel fédéral de sous-ministres adjoints représentant 23 ministères, organismes et sociétés d'État, qui sont chargés d'examiner et de coordonner des projets et de faire des recommandations sur les priorités et le financement de la recherche et du développement en matière d'énergie au gouvernement fédéral. Le secrétariat en est assuré par le Bureau de la recherche et du développement énergétiques (BRDE) du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, qui finance le programme.

prédiction des effets des marées noires.

La première phase du projet s'est achevée en juin 1985 et a permis de préparer un modèle provisoire de l'écosystème des Grands Bancs et de définir de façon préliminaire les modes selon lesquels le système est le plus susceptible d'être affecté par le pétrole en cas de déversement. Pour assembler les données indispensables, il a été nécessaire d'organiser trois grandes expéditions sur les Bancs afin d'étudier la dynamique de la distribution et de la croissance des communautés microplanktoniques. Les travaux de développement passent maintenant à la phase b), et portent plus précisément sur les aspects toxicologiques.

L'interaction avec l'industrie prend deux formes. Tout d'abord, l'examen périodique mené par l'organisme qui finance les travaux (Comité de recherche et développement énergétiques) est pratiqué par un groupe composé de représentants du gouvernement et des compagnies pétrolières. Deuxièmement, une bonne partie des travaux (54 % des ressources totales) est effectuée à contrat par l'industrie, et principalement dans la région de l'Atlantique. Des proportions importantes de la majorité des projets financés par le Comité sont imparties au secteur privé.

L'étude des effets de l'activité industrielle sur les pêches de la côte est, et notamment sur les Grands Bancs, suscitent un autre projet de l'Institut : il s'agit de recherche sur la prédiction des courants superficiels, qui ont des applications dans un certain nombre de domaines, et spécialement la modélisation du cheminement des marées noires. Ce projet rassemble plusieurs organismes gouvernementaux, les universités ainsi que l'industrie pétrolière (Esso, Dome, Petro-Canada et Mobil). Le travail de modélisation donne lieu à une étroite collaboration avec une société canadienne active dans ce domaine, Meteorological and Environmental Planning Ltd. de Markham (Ontario). Une bonne partie de l'analyse des données et des travaux sur le terrain est confiée à des sociétés privées comme MacLaren Plansearch, de Halifax (Nouvelle-Écosse). Les travaux sont financés par l'Institut, le Comité de recherche et développement énergétiques, le Conseil de recherches en

sciences naturelles et en génie et par Mobil Oil Canada Ltd.

Transport maritime sur les Grands Bancs

Selon le règlement sur les cartes et les publications passé en vertu de la Loi sur la marine marchande du Canada, tous les navires (canadiens et étrangers) doivent être dotés de cartes marines canadiennes lorsqu'ils se trouvent dans les eaux du Canada. Il revient au Service hydrographique du Canada (SHC) de fournir ces cartes ainsi que les publications connexes comme les Tables des marées et les Instructions nautiques.

Dans le cas des Grands Bancs et des eaux côtières de la région, c'est l'élément SHC, à l'IOB, qui est chargé de tenir à jour les huit cartes existantes. De plus, le service travaille actuellement à la production de trois nouvelles cartes des eaux de la région, dont deux concernent le banc St-Pierre, au sud de Terre-Neuve, à la limite ouest des Grands Bancs. Ces trois cartes sont produites à contrat (par Terra Surveys Ltd. d'Ottawa), ce qui constitue une innovation.

Une bonne partie des côtes de Terre-Neuve est cartographiée de façon tout à fait insuffisante. Les données bathymétriques sont éparées, et une bonne partie du littoral est mal délimitée. La position géographique est parfois fautive de plusieurs milles. Cette situation constitue donc un danger pour la navigation, surtout depuis que des navires de grande taille s'aventurent dans certains des ports. Par exemple, près des Grands Bancs, la baie Notre-Dame, dans l'est de Terre-Neuve, est une de ces régions où les cartes actuelles ne sont souvent que des reproductions des cartes établies au siècle dernier par l'Amirauté britannique. Lewisporte, dans la baie Notre-Dame, est l'un des ports actifs de la région. Il sert aussi de terminus pour le traversier du Labrador et de dépôt de carburants destinés au centre de Terre-Neuve. Botwood, près de Lewisporte, constitue le principal port d'expédition de l'usine de papier de l'Abitibi-Price, à Grand Falls, et sert aussi de base d'approvisionnement pour les travaux de forage en mer du Labrador. Non seulement les cartes existantes sont très

vieilles, mais encore cette région de la côte est très accidentée et comporte bon nombre d'îles, de rochers et de hauts-fonds. En 1984, l'IOB a organisé une grande campagne hydrographique dans la baie Notre-Dame. Une partie du travail a été entreprise à contrat (la société Terra Surveys, d'Ottawa, a été chargée des levés de Lewisporte et de ses approches, ainsi que de la baie Loon), tandis qu'une autre partie du travail était menée par des hydrographes de l'Institut à bord du nsc *Baffin*. Afin d'obtenir des tracés détaillés du littoral pour ces levés et d'autres levés connexes, et pour faciliter par la suite l'établissement des cartes, l'Institut a passé un autre contrat pour des travaux de photogrammétrie. Les résultats de ces divers levés apporteront des données permettant d'établir une série de nouvelles cartes pour la région de la baie Notre-Dame.

Autre domaine dans lequel l'Institut a eu une interaction importante avec le secteur du transport maritime : les aides à la radionavigation, comme le réseau Loran-C. Tout récemment, Transports Canada a établi à Fox Harbour, au Labrador, un nouveau transmetteur Loran-C, ce qui élargit la portée de ce système innovateur pour couvrir les Grands Bancs. Ce type de transmetteur ne peut être utilisé efficacement sans une mise à jour des cartes existantes, qui doivent porter les données techniques du réseau (grilles). À cette fin, le groupe du SHC de l'Institut a lancé un nouveau programme d'envergure. Les travaux, qui prendront plusieurs années, sont en cours. Une bonne partie en est réalisée à contrat par des sociétés comme Atlantic Air Surveys de Dartmouth (N.-É.) et Kenting, d'Ottawa. Le Loran-C apporte aux bateaux de pêche et aux navires qui ravitaillent les plates-formes de forage une amélioration en matière d'efficacité et de sécurité. Les hélicoptères qui desservent les plates-formes utilisent aussi les cartes révisées. L'Institut apporte son aide à l'industrie en formant les marins à la lecture de ces cartes.

Ces types de services doivent être souples pour suivre l'évolution des méthodes et des demandes de l'industrie. À cette fin, l'Institut se tient régulièrement en contact avec les intéressés au sein d'organismes comme la



À bord du nsc *Dawson*, en novembre 1985, bouées sur le point d'être mises à l'eau. Ces bouées servent dans le cadre du Programme d'étude des tempêtes dans l'Atlantique canadien à mesurer la hauteur des vagues, et la direction et la propagation des eaux de surface.

Newfoundland Shipowners Association et l'Administration de pilotage de l'Atlantique, dont fait partie le directeur régional de l'hydrographie.

Le transport maritime est aussi concerné par les recherches menées à l'Institut sur les vagues et la glace de mer (notamment les icebergs). Cette activité est examinée dans la section sur l'industrie pétrolière, car une bonne partie en est financée par le biais du Programme de recherche et développement énergétiques (CRDE). Il faut spécialement signaler le nouveau Programme d'étude des tempêtes dans l'Atlantique canadien (PETAC) qui examinera en détail des caractéristiques à petite et grande échelle des fortes tempêtes hivernales qui frappent la côte est. Ces tempêtes imprévisibles constituent un danger pour les navires qui sont en pleine mer et, lorsqu'elles touchent les bateaux dans les petits ports, les quais et les propriétés privées, elles peuvent causer des millions de dollars de dommages.

Industrie pétrolière

Les fonds marins semblent receler les plus grands gisements vierges de pétrole

et de gaz qui restent au Canada, notamment le gisement Hibernia, sur les Grands Bancs, qui, découvert en 1979, semble le plus prometteur. M. Paul Tellier, sous-ministre, ministère fédéral de l'Énergie, des Mines et des Ressources, déclarait en avril 1984 devant le Comité sénatorial permanent de l'Énergie et des Ressources naturelles qu'Hibernia est un champ pétrolier considérable à l'échelle mondiale (Tellier, 1984). Malgré l'importance des coûts comme des risques, l'exploration s'est poursuivie sur les Grands Bancs depuis le forage du premier puits en 1966. En 1984, par exemple, ont été forés sept puits d'exploration et trois puits de délimitation, ce qui a permis une découverte de pétrole, deux de gaz et de pétrole et une de condensat. En 1985, comme nous l'avons déjà signalé, Mobil a déposé son énoncé des incidences environnementales pour le gisement Hibernia, dont la production devrait commencer dans les cinq années qui viennent. Hibernia, tout en exigeant des innovations techniques, se caractérise par une forte demande d'information scientifique sur le milieu naturel dans lequel il se situe, et pour l'ensemble des Grands Bancs il est néces-

saire d'étudier de plus près les roches réservoirs. Le gouvernement fédéral a ainsi reçu un volume de demandes sans précédent en matière de services scientifiques, et l'Institut a répondu en apportant des modifications profondes à ses programmes de recherche et de levés.

À l'Institut, les recherches intéressant l'exploitation du pétrole et du gaz entrent dans les catégories suivantes : considérations géoscientifiques; effets du milieu marin sur les structures offshore; géotechnique offshore. Les effets sur le milieu marin de la recherche du pétrole et du gaz sont considérés dans la section concernant l'industrie de la pêche.

Considérations géoscientifiques

Dans ce domaine, la recherche a pour objet d'améliorer la connaissance des roches réservoirs et des risques géologiques suscités par l'exploitation des hydrocarbures, notamment l'instabilité des fonds marins.

C'est dans les années 1970 qu'a été définie la structure géologique des Grands Bancs, opération menée par l'industrie et le gouvernement, avec le Centre géoscientifique de l'Atlantique (CGA) au premier plan. Ces études, qui se poursuivent, demandent une étroite collaboration entre les chercheurs du CGA et ceux des compagnies pétrolières; leurs résultats contribuent directement à l'évaluation des réserves de pétrole et de gaz. Parmi les travaux plus récents, on notera une entente passée en 1985 entre la Commission géologique du Canada et un groupe de compagnies pétrolières menées par la société Chevron, portant sur un grand relevé aéromagnétique dans une zone couvrant le nord-est des Grands Bancs et le bassin Orphan. L'opération avait pour but de délimiter de façon plus détaillée un certain nombre de bassins sédimentaires qui constituent des sources potentielles d'hydrocarbures. Le CGA jouera un rôle de premier plan dans ce projet. Les travaux extérieurs sont prévus pour l'été 1985. Le CGA intégrera les renseignements obtenus aux données sismiques recueillies à l'occasion d'autres travaux à contrat afin de déterminer la structure profonde de la marge continentale en travers de l'est des Grands Bancs et de délimiter les

bassins sédimentaires qui se sont constitués pendant sa formation.

La marge continentale qui se trouve au large de Terre-Neuve fait partie d'une marge à faille transformante qui constitue un bon exemple de ce phénomène à l'échelle du globe. Cette région, qui couvre les Grands Bancs, convient parfaitement aux expériences de sismique réflexion conçues pour apporter des données sur la géologie profonde de la croûte terrestre. Les travaux menés par le Centre géoscientifique de l'Atlantique sont financés par le biais du Programme géoscientifique pour l'énergie des régions pionnières⁽³⁾. L'un des objets de ces travaux consiste à comprendre les mécanismes fondamentaux qui régissent le développement des bassins sédimentaires dont on sait qu'ils contiennent des hydrocarbures. La collecte de données de sismique réflexion sur les profondeurs de la croûte, le long de la côte nord-est de Terre-Neuve et en travers du bassin Orphan et de la marge continentale, a été entreprise en 1984 par la société Geophysical Services Incorporated, de Calgary, et des travaux complémentaires se poursuivent. Les résultats obtenus au nord-est de Terre-Neuve seront mis à la disposition de l'industrie et des autres intéressés dans le cadre du programme national Lithoprobe⁽⁴⁾.

L'Institut a étudié l'instabilité des fonds marins liée aux tremblements de terre à proximité de l'épicentre du séisme de 1929, sur les Grands Bancs. Les travaux montrent que les éboulements superficiels sont très fréquents sur le talus continental dans un rayon de 50 km de l'épicentre, et que le courant de turbidité créé par le séisme avait une épaisseur de 300 m et suffisamment de puissance pour dessiner des vagues sur le gravier du fond. Cette information est utile à l'Association canadienne de normalisation, qui établit des normes sur la conception

des structures offshore. Une bonne partie de ces recherches a été financée par le Comité de recherche et développement énergétiques.

Effets du milieu marin sur les structures offshore

Ces travaux ont pour objet d'améliorer la sécurité des systèmes d'exploration et de production des hydrocarbures marins. Les exploitants des plates-formes doivent posséder des statistiques sur l'état des vagues et sur les courants (notamment les valeurs extrêmes probables de la hauteur des vagues et de la force des courants), sur la glace et le verglas, et sur les prédictions de la dérive de la banquise et des icebergs approchant d'une plate-forme.

En 1981, la direction de la Gestion des ressources du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources (qui allait devenir un élément de l'Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada) priait le Laboratoire océanographique de l'Atlantique, à l'IOB, de lui fournir une vue d'ensemble des conditions océanographiques sur la plate-forme continentale de Terre-Neuve, et particulièrement de la région d'Hibernia. Ce travail réalisé, on a organisé un atelier réunissant les représentants de l'industrie, du gouvernement et des universités. À partir des recommandations émises à cette occasion, un comité directeur, représentant les groupes ci-dessus (et plus précisément Mobil, Petro-Canada, l'Université Dalhousie et le LOA), a été chargé d'organiser et de coordonner un programme commun d'analyse, de modélisation et d'observation des courants sur les Grands Bancs. On note, par exemple, que les données recueillies par Mobil avec des courantomètres et les mesures de la dérive à l'aide de bouées suivies par satellite, effectuées par Petro-Canada et le Service international de recherche des glaces, ont été

analysées par le LOA et ont servi à établir un modèle statistique de prédiction de la dérive des icebergs, mis au point par l'Université Dalhousie. D'autres compagnies pétrolières, notamment Husky-Bow Valley et Esso, participent également à ces travaux, et certaines portions importantes du programme sont effectuées à contrat par des experts-conseils (p. ex., la société Dobrocky Seatech a apporté l'aide de ses spécialistes pour l'étude des manomètres). Les recherches sont financées par le CRDE, l'industrie pétrolière (qui fournit aussi du temps-navire) et le LOA.

Ces dernières années, l'état des glaces a été très mauvais sur les Grands Bancs, et cette situation a fait apparaître nettement la nécessité d'améliorer la prévision des glaces. L'un des objectifs du programme de recherche sur les glaces du LOA consiste à améliorer les modèles présentement utilisés pour la prévision opérationnelle tant par le privé que par le Service de l'environnement atmosphérique. Les travaux s'orientent principalement vers la recherche sur les rôles respectifs des facteurs météorologiques et océanographiques dans la distribution à grande échelle de la glace flottante.

Les icebergs constituent l'un des plus graves dangers et l'une des plus grandes entraves à l'exploitation des hydrocarbures sur les Grands Bancs. La recherche sur les icebergs menée par le LOA a pour objectif principal l'élaboration de modèles permettant de prédire avec précision la dérive des icebergs à court terme (de 1 à 3 jours dans un rayon de 10 à 50 km) afin d'aider l'industrie à prendre des décisions sur le remorquage éventuel d'un iceberg ou l'abandon d'une plate-forme. En 1983, 1984 et 1985, le LOA a organisé une expédition sur les Grands Bancs afin de surveiller la trajectoire des icebergs et de mesurer les courants et les vents. Parmi les sociétés privées qui ont travaillé à ce projet, on note Ice Engineering Ltd. de St. John's (Terre-Neuve) et Seimac Ltd. de Bedford (Nouvelle-Écosse).

Autre grande orientation du programme du Laboratoire océanographique de l'Atlantique, l'étude des vagues, qui intéresse aussi bien le transport maritime et l'ingénierie côtière que l'industrie pétrolière, et se structure

⁽³⁾ Le programme géoscientifique pour l'énergie des régions pionnières a pour objet la collecte des données, l'analyse, la synthèse et la diffusion de l'information sur la géologie des régions pionnières. Le programme porte sur la géologie et l'évolution des bassins sédimentaires, sur les processus qui régissent l'apparition, l'accumulation et la préservation des hydrocarbures, et sur la définition et l'analyse des contraintes de leur exploitation.

⁽⁴⁾ Le programme Lithoprobe, d'une durée de plusieurs années, est un programme national pluridisciplinaire de recherche géoscientifique réalisé en collaboration et portant sur l'étude de questions fondamentales sur la nature et l'évolution de l'écorce rigide qui entoure la terre (lithosphère) au-dessous du continent canadien et des océans qui l'entourent. Il demande une intégration efficace de concepts scientifiques et techniques modernes dans les domaines de la géophysique, de la géologie et de la géochimie, en vue d'élargir les connaissances sur la lithosphère, en divers points clés du Canada, dans la troisième dimension : la profondeur.

en deux volets. D'une part, la présentation des données statistiques sur les champs de vagues, recueillies pendant un certain nombre d'années, sous la forme de cartes du régime des vagues. D'autre part, des recherches sur la façon dont les vagues se forment, se propagent, puis disparaissent, et sur l'amélioration des modèles numériques de prévision a posteriori. Le récent naufrage de l'*Ocean Ranger* est un bon exemple de la collaboration de l'Institut avec le monde extérieur. Il ne s'agissait pas d'une interaction directe avec le secteur privé, mais l'intervention de l'IOB a certainement eu des incidences importantes pour l'industrie. L'*Ocean Ranger* a fait naufrage en février 1982, pendant une tempête, et certains membres de l'Institut ont été appelés à témoigner en tant qu'experts, notamment dans le domaine des vagues, devant la Commission royale établie pour faire enquête sur cet accident. L'Institut a par exemple apporté son aide (en réponse à une demande précise de la Commission) en élaborant et en construisant un modèle tridimensionnel de la force des vagues mesurée à la plateforme *Zapata Uglund*, à une trentaine de kilomètres au nord de l'emplacement de l'*Ocean Ranger*. Le modèle décrivait la période allant de 14 h 30, heure locale, le 14 février, jusqu'à 3 h 30 le 15 février, moment où la tempête atteignait son point culminant et où la plate-forme sombra.

Le Programme d'étude des tempêtes dans l'Atlantique canadien (PETAC), mentionné plus haut, est un projet conjoint de recherches météorologiques et océanographiques qui doit s'étaler sur plusieurs années, et qui a pour objet d'améliorer les connaissances au sujet des tempêtes qui affectent la côte est du Canada et de leurs effets sur les océans, par exemple dans la formation des vagues. Ces travaux sont donc importants pour l'exploitation du pétrole et du gaz à cause de la menace que constituent ces tempêtes pour les plates-formes de forage. L'aspect météorologique est confié au Service de l'environnement atmosphérique, tandis que l'élément océanographique revient au Laboratoire océanographique de l'Atlantique, à l'IOB. Le projet a été lancé en 1984-1985, mais c'est en 1985-1986 que la plus grande partie des travaux extérieurs seront entrepris

au large de la Nouvelle-Écosse et sur les Grands Bancs à l'aide de bouées et d'instruments mouillés. Bien que les travaux océanographiques soient pour l'essentiel confinés à la plate-forme continentale Scotian, leurs résultats s'appliqueront à l'ensemble de la côte est. Le projet, qui devait coûter environ 3 millions de dollars, est financé principalement par le CRDE. Le comité directeur du PETAC comprend des membres de l'industrie pétrolière et, bien entendu, des représentants de l'IOB et du Service de l'environnement atmosphérique.

La géotechnique en mer

Dans ce secteur, l'objectif est d'améliorer les connaissances sur les fonds marins des Grands Bancs, à des fins d'exploitation et de réglementation. Le Centre géoscientifique de l'Atlantique mène divers projets, souvent financés par le CRDE, sur des sujets tels que la stabilité du fond, les propriétés du sol, la dynamique des sédiments et l'affouillement du fond par les icebergs.

Étant donné l'accélération de la recherche technologique et de l'exploitation des ressources des fonds marins dans les eaux infestées de glaces, il est de plus en plus important de comprendre les processus d'érosion dus à la glace et de prédire la fréquence et la profondeur des perturbations causées sur le fond marin par les icebergs et la glace de mer. Les éléments les plus touchés sont les composantes des systèmes de production d'hydrocarbures qui sont placées sur le fond marin, notamment les têtes de puits, les conduites d'écoulement, les réseaux de collecte et les distributeurs de production. À partir des relevés effectués par le CGA, l'Institut a donné des conseils à Mobil sur la distribution et l'âge des traces d'érosion laissées par les icebergs sur les Grands Bancs. Les autres travaux menés dans ce domaine concernent l'échouement des icebergs, la formation et la dégradation des traces de l'affouillement, ainsi que l'élaboration de techniques permettant de prédire la

fréquence et la profondeur de ces traces. Le phénomène est observé à l'aide de submersibles et du sonar à balayage latéral, et d'autres techniques sont mises au point. Les travaux sont financés dans une grande mesure par le CRDE et par le Fonds renouvelable pour l'étude de l'environnement (FREE)⁽⁵⁾; une bonne partie en est réalisée à contrat par des sociétés telles que Geonautics Ltd. de St. John's (Terre-Neuve). Parmi les études financées par le FREE, on relève l'expérience sur la dynamique de l'échouement des icebergs et du raclage du fond (DIGS); ce projet comporte une expédition du navire *Polar Circle* au large du Labrador (où il est plus facile d'étudier le phénomène) pendant l'été 1985.

L'un des principaux programmes du Centre géoscientifique de l'Atlantique porte sur la cartographie systématique des sédiments et de la roche en place au large de l'est du Canada. Au fil des années, cette activité a permis d'accumuler une masse considérable de connaissances sur des régions comme les Grands Bancs. Ce type d'information présente un grand intérêt pour l'industrie pétrolière. La collaboration avec l'industrie a commencé à prendre forme dans les années 1960 et au début des années 1970, période où les premiers travaux exploratoires ont été entrepris sur les Grands Bancs. L'industrie a fait des démarches auprès de l'IOB pour obtenir de l'information sur les caractéristiques du fond marin, particulièrement aux endroits où doivent être ancrées les plates-formes de forage. À la suite de la découverte, en 1980, du gisement pétrolier Hibernia, la société Mobil a étudié la possibilité d'amener le pétrole à la côte par pipeline. Ses responsables voulaient savoir si l'état des fonds marins permettrait de construire en ligne pratiquement droite un pipeline entre Hibernia et St. John's. Le CGA, consulté, était d'avis qu'une liaison directe n'était pas possible, mais qu'on pouvait envisager un itinéraire passant plus au sud. Comme on le sait maintenant (juillet 1985), la société Mobil a par la suite renoncé à

⁽⁵⁾ Le Fonds renouvelable pour l'étude de l'environnement (FREE) est administré conjointement par l'APGTC et par le Programme des affaires du Nord du ministère des Affaires indiennes et du Nord. Il a été établi pour financer les études environnementales et sociales nécessaires à la prise de décisions sur l'exploitation du pétrole et du gaz des terres du Canada. Les études sont financées par des redevances imposées à l'industrie pétrolière et gazière et couvrent une vaste gamme de disciplines dans les champs de la physique, de la biologie et des sciences sociales.

cette option. Entretemps, toutefois, le CGA avait fourni de l'information sur les fonds marins, en vue de la construction de pipelines, à des entrepreneurs travaillant pour Mobil, notamment la firme Lavalin. Autre exemple de l'utilité pour l'industrie de ce type de données géologiques, l'Institut a donné des conseils à une société de relevage qui s'occupait de récupérer une coûteuse chaîne d'ancrage qui avait sombré sur les Grands Bancs à cause d'une fausse manœuvre d'un bateau ravitailleur.

Dans le cadre de la mise en valeur d'Hibernia, d'autres travaux géotechniques sont en cours : études de la dynamique des sédiments, propriétés du sol et dynamique des fonds marins; ces études sont financées par le CRDE ou par le Programme géoscientifique pour l'énergie des régions pionnières. Pour ce qui est du premier type de travaux, les résultats semblent indiquer que les crêtes de sable proches d'Hibernia ont un caractère résiduel moins prononcé qu'on ne le croyait et se seraient développées depuis 8 000 ans seulement; un inventaire des forages géotechniques, notamment ceux de l'industrie, est en cours, et, dans le domaine de la stabilité des fonds marins, une carte des caractéristiques superficielles a été établie pour la région d'Hibernia.

Information et avis dans le domaine maritime

Outre les nombreux contrats et programmes conjoints réalisés dans le secteur des Grands Bancs en collaboration avec l'industrie, l'interaction est considérable en ce qui concerne les avis, l'interprétation et la diffusion des données. C'est en général de façon ponctuelle que cet échange a lieu, mais certains mécanismes officiels ont été établis pour le faciliter, notamment le bureau BIOMAIL, service de conseils et de liaison avec l'industrie dans le domaine de la mer. Ce bureau a pour fonctions :

- de faciliter la diffusion et l'interprétation des données sur tous les aspects des océans, à l'intention de l'industrie et des autres organismes gouvernementaux;
- d'encourager le transfert de connaissances techniques à l'industrie canadienne et de favoriser la croissance de l'industrie océanologique,

particulièrement dans la région de l'Atlantique;

- de faciliter les relations contractuelles entre l'industrie canadienne et l'Institut océanographique de Bedford sur tous les aspects de la recherche-développement océanologique;
- de coordonner l'examen des propositions spontanées;
- de donner des conseils à l'industrie sur le financement des transferts technologiques par le gouvernement fédéral (PPIL, Programme de coopération avec l'industrie, PARI, etc.).

L'Institut garde en banque les données recueillies à l'aide de courantomètres, de marégraphes, de bouées de mesure des vagues, de sismomètres de fond et d'autres instruments. Il transmet d'autres données à des centres nationaux comme le SDMM (Service des données sur le milieu marin). Le Centre géoscientifique de l'Atlantique possède un vaste système à fichier ouvert pour les données géoscientifiques, et les échantillons recueillis en mer dans des régions comme les Grands Bancs sont conservés dans une installation spéciale de l'Institut. Pour compléter les cartes publiées, les données bathymétriques, sous la forme de minutes numérisées, sont conservées à l'Institut, où elles sont régulièrement consultées par l'industrie et d'autres intervenants travaillant sur les Grands Bancs. De plus, la bibliothèque de l'Institut possède une collection spéciale portant sur les évaluations environnementales intéressant les eaux du large, comme les Grands Bancs. Cette collection, qui est probablement la plus complète qui existe dans le domaine public au Canada, est souvent consultée par l'industrie.

Les liens officiels avec l'industrie passent aussi par divers comités et autres groupements. L'Institut est notamment représenté au sein du Comité consultatif environnemental sur le transport maritime à Terre-Neuve et au Labrador. Ce comité a pour objet de fournir information et conseils à l'Autorité de contrôle de la Garde côtière sur les aspects de l'environnement et des ressources naturelles qui peuvent être affectées par les voies maritimes et le passage des navires. L'industrie a également des représentants au comité, par exemple Dome

Petroleum, en ce qui concerne le transport du pétrole de l'Arctique vers les ports du sud. Autre exemple, les membres de l'Institut participent aux travaux de plusieurs comités, financés par le Fonds renouvelable pour l'étude de l'environnement, qui s'intéressent aux Grands Bancs. Ces comités, constitués de représentants du gouvernement, de l'industrie et du monde universitaire, définissent les priorités de la recherche, examinent les propositions et nomment des autorités scientifiques pour chaque projet. Les membres de l'Institut participent (ou ont participé) aux travaux des comités suivants : transport des sédiments du fond; surveillance des effets; icebergs; érosion du fond par les glaces.

Lectures conseillées

Outre la présente Revue, les lecteurs sont invités à en consulter deux parutions précédentes : la *Revue 81*, qui présente la façon dont les programmes de l'Institut répondent aux problèmes auxquels doit faire face le Canada dans le domaine de l'océanologie, et la manière dont les priorités de ces programmes sont influencées par l'évolution des besoins nationaux en matière d'information océanologique; et la *Revue 83*, qui est consacrée aux levés et services. L'étude 81-6 de la Commission géologique du Canada, intitulée « Partie 1 : Les géosciences marines au Canada; état d'avancement » donne le cadre dans lequel s'inscrivent certains des travaux géologiques réalisés jusqu'ici sur les Grands Bancs, tandis que les rapports annuels du Service hydrographique du Canada apportent des renseignements sur les levés et la cartographie dans la région.

Références

BEANLANDS, G.E. et DUINKER, P.N. 1983. An ecological framework for environmental impact assessment in Canada. Halifax, N.S.; Institute for Resource and Environmental Studies, Université Dalhousie, et le Bureau d'examen des évaluations environnementales : p. 8

TELLIER, P.M. 1984. Sénat du Canada. Dans *Délibérations du Comité sénatorial permanent de l'Énergie et des Ressources naturelles*. Premier fascicule concernant le Programme énergétique national, fascicule n° 1 : p. 22.

— H.B. Nicholls
Chef

Division de l'information océanique

Géosciences

Les Grands Bancs de Terre-Neuve s'étendent à l'est et au sud-est de l'île de Terre-Neuve; leur superficie atteint 2,5 fois celle de l'île même. Ils constituent la formation la plus étendue de la plate-forme continentale de l'est du Canada. Vu son importance géomorphologique et sa richesse potentielle, cette région fait régulièrement l'objet d'études de géologie et de géophysique marines depuis le milieu des années soixante, date des premiers relevés effectués au large de la côte est du Canada. Les marges des Grands Bancs sont un reflet exceptionnel du morcellement de l'Amérique du Nord, de l'Afrique et de l'Europe, survenu il y a 100 à 180 millions d'années, et nous permettent de mieux comprendre la formation et l'évolution de l'Atlantique Nord. L'ensemble de la région, site d'importants bassins sédimentaires qui se sont formés lors de la dislocation du supercontinent de la Pangée, révèle l'évolution des bassins et semble recéler d'importantes ressources pétrolières. Ces bancs constituant une barrière au déplacement vers le sud des gros icebergs détachés des glaciers du Groenland, de graves problèmes se posent pour l'exploitation des ressources du sous-sol. La poursuite de l'exploration sur les marges abruptes et l'exploitation des ressources de ces zones plus profondes sont en outre menacées par l'instabilité des fonds océaniques et par la possibilité de glissements sous-marins tels ceux qui ont suivi le séisme de 1929 sur la pente continentale, au sud-ouest des Grands Bancs.

La découverte de pétrole au puits Hibernia P-15 par la société Chevron et ses associés, en 1979, a entraîné un regain d'intérêt pour l'exploration pétrolière, intérêt qui commençait à décroître après le forage de 38 puits improductifs. Au total, 13 découvertes ont été faites dans le bassin Jeanne-d'Arc, situé sur la marge nord-est des Bancs.

Le grand champ de pétrole de la région, qui semble contenir près de 75 % des réserves potentielles, est situé dans la zone de faille qui traverse le bassin d'Hibernia à Ben Nevis. Sept découvertes importantes ont été faites dans cette zone. Une récente évaluation de la présence d'hydrocarbures dans l'est de la plate-forme de Terre-Neuve (Proctor *et al.*, 1984), effectuée à partir de toutes les mesures sismiques et géochimiques et des données d'exploration, a révélé, avec une probabilité de 50 %, qu'il serait possible d'obtenir plus de 8,4 milliards de barils d'huile et 12,2 billions de pieds cubes de gaz, en comptant 1,3 milliard de barils et plus de 2 billions de pieds cubes de ressources déjà découvertes. Pourtant, même si le champ pétrolier Hibernia fait partie de la classe des « géants », son développement est limité par des contraintes techniques qu'il reste à évaluer.

L'augmentation de la prospection pétrolière sur les Grands Bancs depuis 1979 a entraîné une accélération des activités du Centre géoscientifique de l'Atlantique dans cette zone et le lancement d'un certain nombre d'études sur les problèmes causés par l'exploitation du pétrole et du gaz à Hibernia. Bon nombre de ces études sont des recherches à court terme que finance le Bureau de la recherche et du développement énergétiques ou le Fonds renouvelable pour l'étude de l'environnement. Ces recherches, qui s'inscrivent dans le cadre des travaux réguliers du Centre géoscientifique de l'Atlantique, profitent des vastes connaissances acquises par le Centre sur la géologie de la région. Ces travaux sont à l'heure actuelle coordonnés par le groupe de la côte est du Programme géoscientifique pour l'énergie des régions pionnières, qui prône une approche globale pour l'étude des zones non exploitées comme les Grands Bancs. Cette approche combinerait des études de la croûte profonde portant sur l'ori-

gine des bassins sédimentaires, et des recherches détaillées sur la géologie de ces bassins et sur la formation, l'accumulation et le piégeage des hydrocarbures, ainsi que des travaux sur les processus actuels qui limitent la mise en valeur de ces ressources.

Le programme du Centre géoscientifique de l'Atlantique couvre toutes les facettes de la recherche sur les zones non exploitées de la côte est et des eaux de l'Arctique. Dans bon nombre d'études, on utilise une technologie de pointe qui est conçue au Centre pour des besoins précis ou, plus souvent, élaborée dans le cadre de travaux de recherche-développement effectués conjointement avec l'industrie. L'étude de la géologie des fonds marins exige une technologie d'avant-garde, à la fois pour l'acquisition et pour l'interprétation des données, ce qui est possible seulement grâce à la coopération entre les scientifiques du gouvernement, des universités et des industries; cette coopération est vivement encouragée et soutenue par le Centre géoscientifique de l'Atlantique.

Les articles présentés dans le chapitre 2 de la *Revue de l'IOB* résument les études qui concernent la région des Grands Bancs et les marges continentales adjacentes. Tout en enrichissant nos connaissances fondamentales sur cette importante partie du territoire canadien, les résultats de ces études peuvent être appliqués directement à l'exploration et à l'exploitation des ressources minières et énergétiques, base de l'économie canadienne.

Référence

Proctor, R.M., Taylor, G.C. et Wade, J.A. 1984. Oil and natural gas resources of Canada — 1983. Geological Survey of Canada, article 83-31 : 1-59.

— D.I. Ross

Directeur suppléant
Centre géoscientifique de l'Atlantique

Marges passives : l'exemple des Grands Bancs

C.E. Keen

Les marges continentales entourant les Grands Bancs ont été produites par la séparation et la dérive des continents nord-américain, africain et européen sur une période d'environ 80 millions d'années. Les marges passives entourant les bordures sud, est et nord-est des Grands Bancs n'ont donc pas toutes le même âge. Chacun de ces segments de marge présente des caractéristiques qui témoignent du moment de la dislocation du supercontinent et de la géométrie des premiers mouvements des plaques.

La figure 1 illustre la séparation des continents dans la région des Grands Bancs (voir également Le Pichon *et al.*, 1977; Haworth et Jacobi, 1981). C'est la marge sud des Grands Bancs qui se forme la première alors que

l'Afrique et l'Amérique du Nord se séparent. Cette marge est l'un des meilleurs exemples au monde de faille transformante avec coulissement des plaques. Les analogues sont les failles transformantes et les zones de fractures les plus courantes qui causent le déplacement de segments des crêtes médio-océaniques. Ce cisaillement entre les deux blocs continentaux, loin d'être instantané, a débuté il y a plus de 175 millions d'années pour se terminer à la séparation complète des continents, il y a à peu près 100 000 millions d'années. La marge est de plus en plus récente en direction du sud-est.

La marge passive à l'est des Grands Bancs est le résultat des mouvements de séparation entre les Grands Bancs et la

péninsule ibérique (figure 1), commencés il y a environ 120 millions d'années. Cette marge, qui résulte donc d'une distension et non d'un coulissement, est bornée au sud par la crête du sud-est de Terre-Neuve et au nord par le Bonnet Flamand. La crête pourrait représenter une faille transformante avec zones de distension dans la croûte océanique, prolongation côté mer de la marge transformante. Au contraire, le Bonnet Flamand est un fragment qui se serait détaché de la plaque continentale au cours de la distension. Le rôle que jouent ces deux entités dans l'évolution des marges n'est pas clair et continue de faire l'objet de vives controverses.

Le nord-est des Grands Bancs est borné par le bassin Orphan, qui est large et profond et repose sur de la croûte continentale. La transition océan-continent est située au nord-est du dôme Orphan, relief résiduel élevé d'origine continentale, semble sous certains aspects au Bonnet Flamand. La distension entre les Grands Bancs et l'Europe de l'ouest jusqu'à leur séparation finale, il y a probablement 90 à 100 millions d'années, a produit cette marge continentale. Au nord du bassin Orphan, la marge est de type transformante, et c'est en fait la prolongation côté terre de la zone de fractures Charlie.

La tectonique des plaques dans cette région a été déchiffrée principalement à partir de relevés des anomalies magnétiques marines, dont l'examen permet de dater les fonds les plus anciens et de déterminer la géométrie des plus anciennes manifestations de l'expansion des fonds océaniques. De même, la reconstruction des positions des continents d'après les éléments antérieurs à la dislocation doit se faire en tenant compte des aspects géométriques. D'autres données géophysiques, notamment les anomalies gravimétriques et les données sismiques, servent à déterminer la position approximative de la limite océan-continent. Certains types de données géologiques, comme le milieu de sédimentation et l'étude de la stratigraphie des sondages d'exploration en profondeur, donnent un aperçu des mouvements verticaux qui accompagnent la dislocation et y succèdent. L'étude de la formation de ces marges comporte donc l'intégration de divers types d'information.

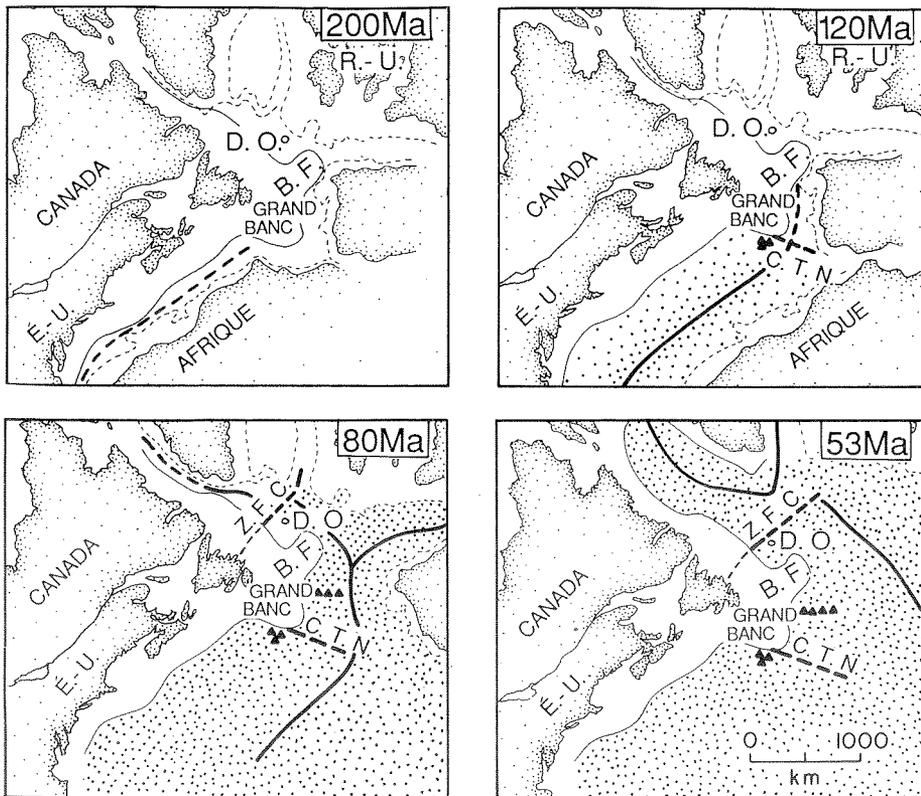


Figure 1. Illustration des divers stades de la séparation des continents dans la région des Grands Bancs. Les pointillés couvrent les zones de croûte océanique formée par expansion du fond au fur et à mesure de l'éloignement des continents. Les traits pleins représentent l'emplacement des crêtes médio-océaniques actives. Les tirets représentent l'emplacement des crêtes naissantes, et des principales zones de fractures. D.O. = dôme Orphan; B.F. = Bonnet Flamand; C.T.N. = crête du sud-est de Terre-Neuve; Z.F.C. = zone de fractures Charlie. Dans le coin supérieur droit de chaque dessin apparaît la date.

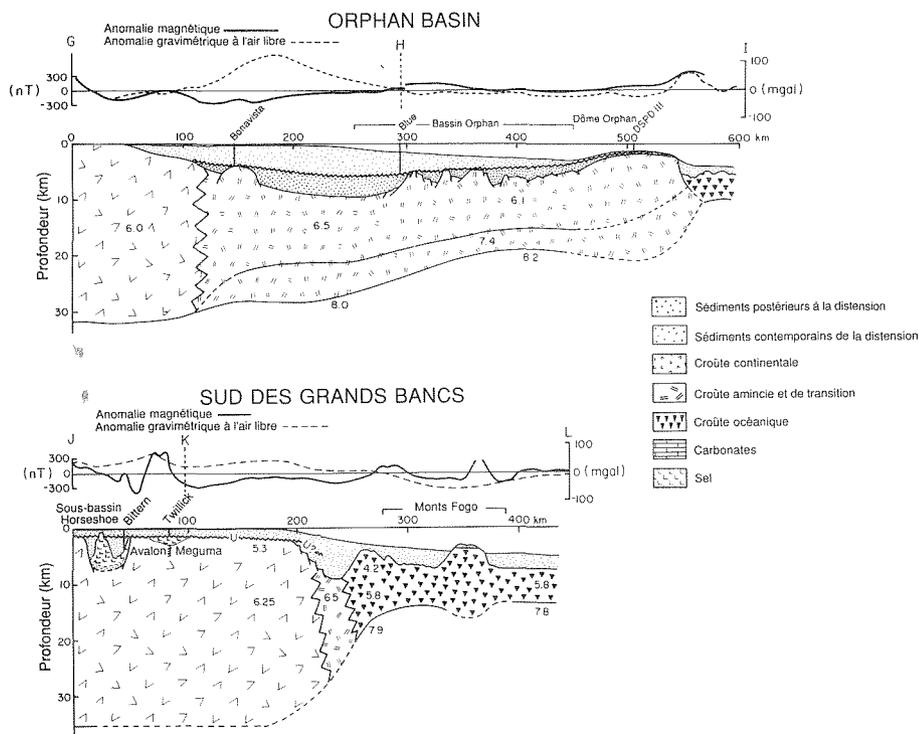


Figure 2. Deux coupes de la croûte des marges dans la région des Grands Bancs; les lignes GHI et JKL sont localisées à la figure 3. Les nombres représentent les vitesses sismiques en km/s. Les anomalies magnétiques et gravimétriques mesurées le long du parcours sont représentées par un graphique au-dessus de chacune des coupes. Les sédiments sont répartis en deux groupes : sédiments déposés après la fin de la distension et sédiments contemporains de la distension. La ligne ondulée qui les sépare représente une discordance, reflet possible d'un soulèvement survenu entre le stade de distension et le stade post-distension de la formation de la marge. Cette discordance apparaît couramment sur les marges passives. Les lignes verticales qui pénètrent dans les sédiments correspondent à des puits d'exploration profonds, dont le nom apparaît au-dessus.

Jusqu'ici, nous nous sommes penchés sur l'histoire et la géométrie des mouvements des plaques pour expliquer en partie où et quand se forment les marges passives. Malheureusement, les forces qui régissent les mouvements des plaques et entraînent leur dislocation sont encore mal connues. Bien que l'on s'accorde pour dire qu'il y a probablement dans le manteau terrestre, sous les plaques, un phénomène de convection qui joue un rôle moteur, l'interaction entre la convection et la séparation des continents n'est pas claire.

À l'heure actuelle, deux théories s'affrontent (Sengor et Burke, 1978; McKenzie, 1978; Keen, 1985). Selon la première, le mouvement ascendant d'une cellule de convection agit sous la lithosphère (ou plaque) et fournit l'énergie thermique et mécanique nécessaire pour amincir celle-ci. Dans les cas où l'amincissement est rapide, il y aura séparation des plaques. Selon la seconde théorie, la lithosphère serait étirée en réaction peut-être à des variations des mouvements des plaques dans des zones lointaines ou à des forces extensives

créées par le soulèvement de la lithosphère continentale. L'extension de la lithosphère s'accompagnerait d'un amincissement et peut-être d'une séparation des continents.

Des observations semblent appuyer la théorie de l'extension, bien que les tests de distinction n'aient pas encore été mis au point. Même si le mécanisme responsable en demeure inconnu, il est sûr qu'il y a extension et amincissement de la croûte. L'étirement a été démontré par cartographie sismique des failles d'extension dans les roches du sous-sol de nombreuses marges, notamment celles qui bordent les Grands Bancs. Plus encore, des mesures de réfraction sismique effectuées par le Centre géoscientifique de l'Atlantique montrent que l'épaisseur de la croûte continentale près de la limite océan-continent diminue de plus de la moitié par rapport à sa valeur sous les continents (Keen et Hyndman, 1979).

Pour résumer, la séparation des continents et la formation de marges passives s'accompagnent de la création de lithosphère océanique près des conti-

nents et de la formation de bassins sédimentaires, objets des récentes explorations pétrolières.

La création de nouvelle lithosphère océanique et le développement de la transition océan-continent ont inévitablement poussé les scientifiques à rechercher la trop souvent insaisissable limite entre l'océan et le continent. L'étude de la nature et de l'évolution de cette limite ou zone de transition pourrait contribuer à nous faire mieux comprendre la séparation des continents. La région des Grands Bancs offre de nombreux sites d'étude de cette transition, notamment des marges de type très varié. Les résultats de deux études de ce type sont illustrés à la figure 2. La marge transformante du sud présente une coupure relativement nette entre les croûtes océanique et continentale, ce qui est typique d'une marge cisailée. La marge située au nord-est de Terre-Neuve est caractérisée, au contraire, par une large zone où la croûte continentale a pu être étirée et amincie. Cette marge pourrait présenter une coupure relativement nette entre la croûte continentale amincie et la croûte océanique côté mer du dôme Orphan (figure 2). D'autres études sont nécessaires dans cette région afin de confirmer ou non cette hypothèse.

Le C.G.A. étudie également à l'heure actuelle la formation des bassins sédimentaires sur les marges passives (voir, par exemple, Beaumont *et al.*, 1982; Royden et Keen, 1980; Keen, 1979). La région des Grands Bancs est aussi un excellent site d'étude des bassins sédimentaires à cause des types et des géométries variées qu'elle présente (figure 3). Ces bassins sont des demi-grabens longs et étroits (de l'allemand graben : fossé) séparés par des portions élevées du socle recouvertes par une couche assez mince de sédiments. Ils sont orientés à peu près vers le nord-est et sont comblés de sédiments qui datent du début de la distension entre les plaques africaine et nord-américaine, il y a environ 200 millions d'années. Leur formation serait donc contemporaine de celle de la marge transformante, et leur évolution s'est poursuivie. Nous n'avons peut-être pas encore découvert tous ces bassins; il pourrait en exister d'autres en eau profonde, au pied des pentes continentales. C'est le cas du chenal des Icebergs, où

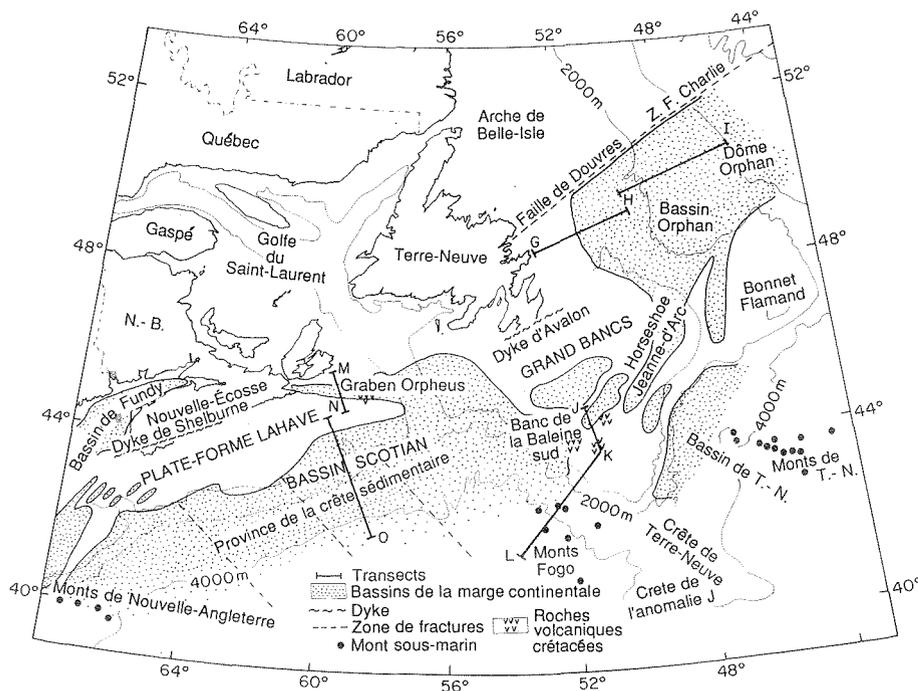


Figure 3. Emplacement des coupes illustrées à la figure 2 et distribution des principaux bassins sédimentaires (en pointillé) dans la région des Grands Bancs.

peu de sédiments se sont accumulés et qui est partiellement rempli d'eau plutôt que de sédiments.

Alors que le sud présente des demi-grabens étroits, la région nord-est des Grands Bancs est occupée par le large et profond bassin Orphan. Il serait intéressant de savoir, notamment en regard de l'exploration pétrolière, si le bassin Jeanne-d'Arc (qui renferme le champ pétrolier Hibernia) s'étend jusque dans la région du bassin Orphan. Sinon, comment se termine-t-il au nord? Afin de répondre à ces questions, nous effectuons à l'heure actuelle des levés cartographiques à grande résolution des anomalies magnétiques de la région avec l'aide de plusieurs sociétés pétrolières.

Comment se comportent la croûte et la lithosphère profonde sous ces bassins? Les bassins sont des dépressions dans lesquelles peuvent s'accumuler des sédiments. Il faut chercher plus loin pour connaître les processus responsables de leur formation. Nous avons montré que toute la croûte s'amincit sous les bassins; malheureusement, les mesures n'ont pas permis de voir comment se produisait cet amincissement; nous présentons deux modèles possibles de cet amincissement à la figure 4 (d'après Wernicke, 1985). Selon le modèle, les mouvements verticaux produits, donc l'histoire de la sédimenta-

tion et de la subsidence des bassins, sont très différents. L'historique de la subsidence, parce qu'elle est étroitement liée à la capacité qu'ont des sédiments d'un âge donné de produire du pétrole, est loin d'avoir seulement un intérêt académique.

Afin d'évaluer la validité de certains modèles de formation des bassins dans la région des Grands Bancs, nous avons commencé à étudier la croûte terrestre par sismique réflexion. Nous avons ainsi obtenu une coupe détaillée de la croûte terrestre jusqu'à des profondeurs de 30 à 40 km et plus. Des études semblables ont déjà été effectuées dans d'autres pays, États-Unis, Grande-Bretagne, France, Allemagne de l'Ouest, Australie, mais l'étude de 1984 est la première du genre au Canada. Les

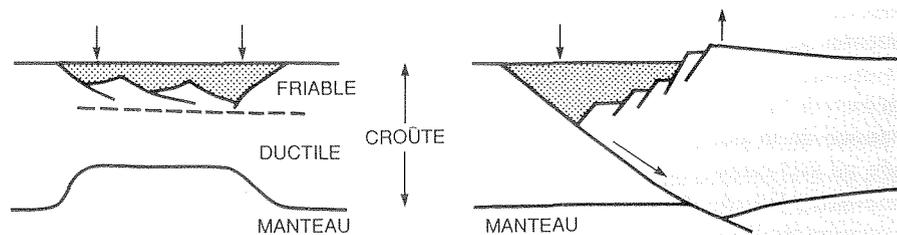


Figure 4. Schéma illustrant deux modèles d'extension de la croûte et de la lithosphère. Les zones pointillées représentent les accumulations de sédiments. Notez que la forme des bassins produits par les deux modèles est différente. Les flèches indiquent la direction des mouvements verticaux de la distension, différents dans les deux exemples. D'après Wernicke (1985).

résultats préliminaires obtenus sous le bassin Orphan indiqueraient qu'il y a présence de failles seulement dans les 10 km supérieurs de la croûte et que sous cette profondeur l'amincissement serait dû à une déformation plastique (figure 4).

Nous continuons les études à l'heure actuelle dans d'autres bassins des Grands Bancs afin de voir s'il ne s'y présenterait pas d'autres types de déformation. Des données sont également prélevées au-dessus des transitions océan-continent afin de mieux connaître leur structure. Nous espérons obtenir ainsi certains indices sur la formation des bassins dans la région des Grands Bancs. Ces renseignements seront utiles pour l'exploration pétrolière et pour la compréhension des forces responsables de la séparation des continents.

Références

- BEAUMONT, C., KEEN, C.E. et BOUTILLIER, R. 1982. On the evolution of rifted continental margins: comparisons of models and observations of the Nova Scotian margin. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* 70: 667-715.
- HAWORTH, R.T. et JACOBY, R.D. 1983. Geophysical correlation between the geological zonation of Newfoundland and the British Isles. Dans *Contributions to the Tectonics and Geophysics of Mountain Chains*; R.D. Hatcher, Jr., et al. (éd.). *Geological Society of America Memoir* 158: 25-32.
- KEEN, C.E. 1985. The dynamics of rifting: deformation of the lithosphere by active and passive driving forces. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* 80: 95-120.
- KEEN, C.E. 1979. Thermal history and subsidence of rifted continental margins — evidence from wells on the Nova Scotian and Labrador shelves. *Canadian Journal of Earth Sciences* 16: 502-522.

KEEN, C.E. et HYNDMAN, R.D. 1979. Geophysical review of the continental margins of eastern and western Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences* 16 : 712-747.

Le PICHON X., SIBUET, J.C. et FRANCHETEAU, J. 1977. The fit of the continents around the North Atlantic Ocean. *Tectonophysics* 38 : 169-209.

McKENZIE, D.P. 1978. Some remarks on the development of sedimentary basins. *Earth and Planetary Science Letters* 40 : 25-32.

ROYDEN, L. et KEEN, C.E. 1980. Rifting process and thermal evolution of the continental margin of eastern Canada determined from subsidence curves : *Earth and Planetary Science Letters* 51 : 343-361.

SENGOR, A.H.C. et BURKE, K. 1978. Relative timing of rifting and volcanism on earth and its tectonic implications. *Geophysical Research Letters* 5 : 419-421.

WERNICKE, B. 1985. Uniform sense normal simple shear of the continental lithosphere. *Canadian Journal of Earth Sciences* 22 : 108-125.

Géologie des dépôts meubles et de la roche en place dans la région des Grands Bancs

G.B.J. Fader

Aux yeux du géologue, les Grands Bancs de Terre-Neuve sont tout à fait remarquables. En effet, ils forment une barrière pour les gros icebergs qui descendent du Groenland, et leur flanc nord est marqué de sillons ou de cannelures et de dépressions creusés par des icebergs échoués. C'est dans le sous-sol du flanc nord des Grands Bancs que se trouve le champ pétrolier Hibernia, dont les réserves récupérables sont estimées à l'heure actuelle à 500 à 800 millions de barils de pétrole (Mobil Oil, 1985). L'ancrage et l'immobilisation des structures de production et la construction et l'exploitation des conduites d'écoulement et d'amenée, et bien sûr le risque de collision avec les icebergs, posent des problèmes techniques particuliers dans cette région. Les lits de sable et de gravier des Grands Bancs sont une source potentielle d'agrégat pour l'industrie de la construction.

Le Centre géoscientifique de l'Atlantique de la Commission géologique du Canada étudie systématiquement depuis 20 ans la géologie des dépôts meubles et de la roche en place sur la plate-forme continentale de la côte est. Au début des années 1970, les études se sont étendues à la région des Grands Bancs et, à l'heure actuelle, la reconnaissance de la plate-forme Scotian, située au sud-ouest, est terminée. En ce moment, l'étude des Grands Bancs est concentrée dans les secteurs est et nord à cause de la nature complexe des conditions géologiques de la région et de l'attrait que présente le champ pétrolier Hibernia pour le gouverne-

ment et l'industrie.

D'importantes expéditions ont été entreprises en 1972, 1975, 1980 et 1985 en vue d'obtenir des données géologiques par sismique réflexion, sonar à balayage latéral et levés magnétiques, de prélever des échantillons des dépôts meubles et de la roche en place et d'effectuer des observations à l'aide de submersibles. À partir de ces données de base, nous préparons des cartes géologiques détaillées des dépôts meubles et de la roche en place et nous analysons les processus importants, notamment l'échouage des icebergs, la dynamique des sédiments et la stabilité des fonds marins et du sous-sol. Durant cette période, nous avons prodigué des conseils à l'industrie en matière d'utilisation et de tracé des pipelines en mer, de construction d'îles artificielles et de risques géologiques dans la région des Grands Bancs. Nous traitons ci-dessous de certaines des caractéristiques géologiques qui différencient les Grands Bancs de la plate-forme Scotian au sud-ouest et de la plate-forme du Labrador au nord.

Dans la région des Grands Bancs, la roche en place est caractérisée par la distribution d'assises tertiaires « à moitié consolidées » et les formations qui en résultent (voir figure 1, carte de la roche en place). Tous les bancs les plus importants, Saint-Pierre, à Vert, de la Baleine, Grand Banc, reposent sur des roches tertiaires peu profondes. Mis à part certaines zones parcourues de nombreux chenaux, sous les bancs à Vert et de la Baleine, seule une mince

couche de sédiments superficiels recouvre le fond marin où, par endroits, la roche en place du Tertiaire affleure (Fader et King, 1981). Cette région conviendrait donc pour l'installation de plates-formes d'exploration et d'exploitation des hydrocarbures, contrairement à la région de la plate-forme Scotian, près de l'île de Sable, où les fonds marins se composent de sédiments épais et mobiles.

La bordure continentale des Grands Bancs présente un caractère particulier : la couche superficielle de matériaux glaciaires y est très mince (moins de 2 m en moyenne) entre la presqu'île Avalon et la limite intérieure du Grand Banc. La roche en place y est composée de roches sédimentaires paléozoïques bien indurées, qui ont été échantillonnées de façon exhaustive à l'aide du carottier électrique mis au point à l'IOB. Cette région est également marquée par le passage des icebergs; des nombreux sillons qui parsèment les fonds marins, certains seraient très anciens (plus de 15 000 ans), d'autres seraient contemporains. Entre le champ pétrolier Hibernia et Terre-Neuve, le tracé d'un pipeline ne peut être direct vu la présence d'affleurements rocheux et la densité des traces d'icebergs sur les fonds marins (King et Fader, 1981). Les techniques modernes d'enfouissement des pipelines ne permettent pas d'excaver à coût raisonnable un fond rocheux. Un tracé plus méridional, passant dans les roches du Tertiaire, est préférable aux yeux des géologues, bien qu'il soit plus long.

Les hauts-fonds Virgin Rocks et Eastern forment une région accidentée, de très faible profondeur (environ 4 m sous le niveau de la mer). Des tillites, des roches volcaniques et des quartzites rose et blanc très résistants s'élèvent jusqu'à 40 m au-dessus de la surface

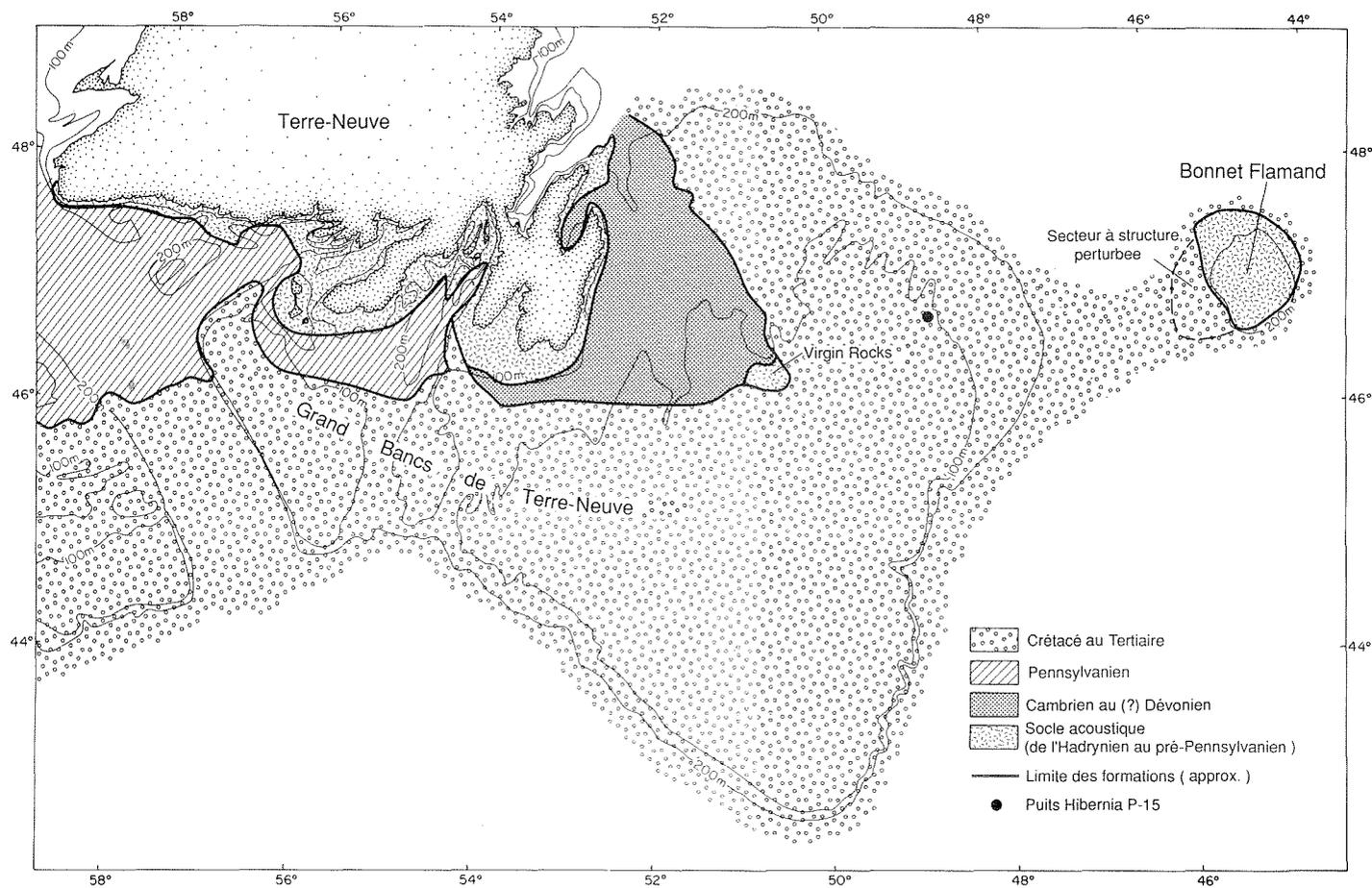
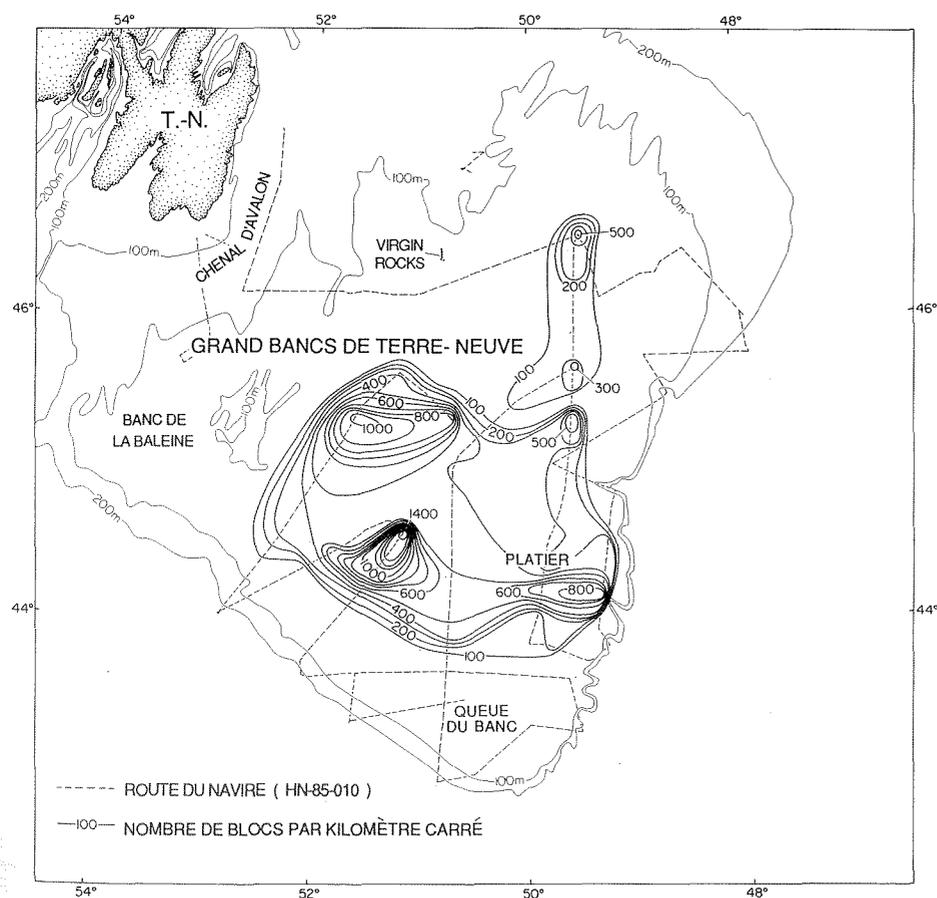


Figure 1. Carte généralisée de la géologie de la roche en place dans les Grands Bancs de Terre-Neuve, d'après l'interprétation de profils de sismique réflexion et l'analyse d'échantillons de roche prélevés au carottier électrique.



sableuse du fond marin. Depuis longtemps, cette région est considérée comme intéressante pour la construction de plates-formes devant servir à la navigation, à la recherche et au sauvetage et à l'exploitation pétrolière.

Plus à l'ouest, au sud de Terre-Neuve, la roche en place est constituée de grès carbonifère pennsylvanien du bassin Sydney, qui s'étend des bassins houilliers terrestres de la Nouvelle-Écosse jusqu'à quelques kilomètres de la côte sud de Terre-Neuve. Ces roches forment le sous-sol des bancs Rose Blanche et Burgeo et recouvrent le fond de la baie de Placentia.

Sur les Grands Bancs, la distribution des dépôts meubles est régie dans une grande mesure par les glaciers qui traversent les Bancs et par le niveau post-

Figure 2. Distribution des blocs de plus de 0,5 m environ, d'après l'interprétation de sonogrammes en balayage latéral à 100 kHz. Le phénomène ici étudié est confirmé à des profondeurs inférieures à 150 m sur les Grands Bancs. Les blocs mesurent jusqu'à 7 m de diamètre.

glaciaire inférieur des mers et ses élévations subséquentes. L'interprétation de diverses données a permis d'établir que ce plus bas niveau était situé à environ 100 m du niveau actuel. Il pourrait y avoir gauchissement de la terrasse au niveau de la mer depuis la partie sud de la Queue du Banc jusqu'à la zone côtière des Bancs parce que la présence de glace glaciaire tardive aurait retardé le relèvement isostatique de la surface de la terre dans la région de la Queue du Grand Banc.

La distribution et la nature actuelles des sédiments superficiels reflètent le niveau inférieur de la mer et le soulèvement (ou transgression) subséquent. De grandes portions des Grands Bancs émergeaient pour former des îles avant le soulèvement du niveau de la mer au début du postglaciaire. L'analyse de certains échantillons indiquerait que, durant cette phase, une végétation de tundra croissait sur les Grands Bancs. Par suite de la transgression, les dépôts meubles des Grands Bancs ont été largement remaniés; en effet, les sédiments glaciaires déjà accumulés, mis à part les dépôts protégés dans des chenaux enfouis ou des dépressions, ont été remaniés, triés et érodés, donnant ainsi aux sédiments des Bancs leurs caractéristiques de « plage » (présence de sables et de graviers). Les plus importantes formations, ou crêtes de sable, qui dominent la surface des Grands Bancs, ont une épaisseur supérieure à 10 m et une longueur d'onde supérieure à 3 km. Des explorations faites par sous-marin ont révélé que les creux entre les crêtes de sable et le fond marin près du champ Hibernia sont recouverts par endroits de graviers et de blocs atteignant 7 m de diamètre (figure 2). Les sédiments glaciaires et postglaciaires plus fins sont confinés aux zones plus profondes et non transgressées de la zone continentale, notamment dans le bassin Downing, le chenal d'Avalon et le Trou de la Baleine, alors que les hauts-fonds sont recouverts de vastes accumulations de sables et de graviers bien triés.

Les fonds marins de la région des Grands Bancs sont recouverts d'une grande diversité d'autres formations. Par exemple, des gisements de coquillages, plaques rondes où les coquillages sont denses, recouvrent par endroit le

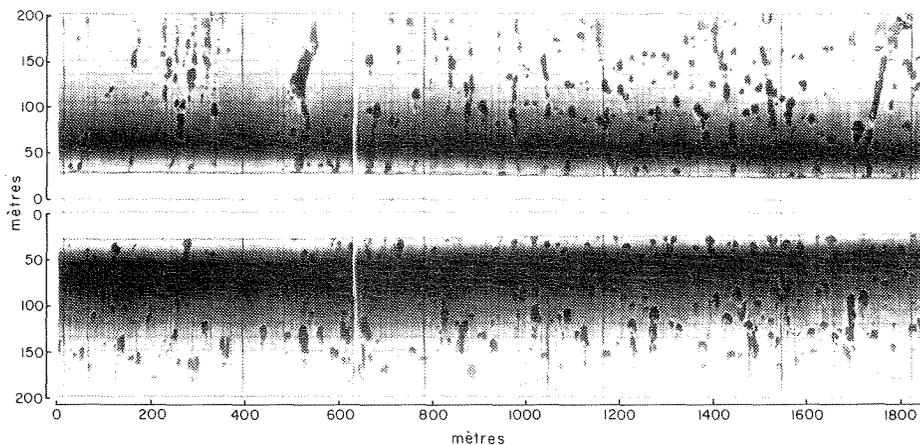


Figure 3. Sonogramme en balayage latéral du Platier, au sud-est du Grand Banc, montrant un fond sableux, de couleur claire, parsemé de taches sombres considérées comme des gisements de coquillages. Certains de ces gisements semblent alignés comme des perles, phénomène peut-être dû au modelé du fond.

Platier (figure 3). Ces zones ont des caractéristiques acoustiques particulières et sont facilement identifiables sur les sonogrammes obtenus par balayage latéral, mais nous n'avons pu déterminer s'il s'agissait de coquillages morts ou vivants. Un suintement de gaz a été observé sur le fond du bassin Downing; des photographies du fond montrent la formation de monticules et de fissures dans les sédiments, la présence de bulles qui s'échappent du fond et de beaucoup de matières particulières en suspension dans la colonne d'eau. Au fond de la baie Placentia, une « mégacannelure », forme inconnue jusqu'à présent, a été identifiée et cartographiée; ces imposantes formes de creusement dues aux courants mesurent plusieurs centaines de mètres de longueur et atteignent parfois 10 m de profondeur. Sous l'effet du creusement, plus de 3 km³ de sédiments ont été érodés dans une étroite zone de 4 sur 75 km située le long de la rive est de la baie Placentia.

Les géologues qui étudient les Bancs ne s'entendent pas encore sur l'ampleur des effets de la glaciation dans la région; les résultats des travaux permettront d'identifier la source des sédiments qui recouvrent aujourd'hui les fonds marins, de connaître les processus qui ont façonnés les Grands Bancs et de mieux comprendre les propriétés géotechniques des fonds marins et du sous-sol, si importantes en matière d'exploitation pétrolière. La partie ouest des Grands Bancs (bancs Rose Blanche et de la Baleine) a été recouverte de glace lors de la dernière glaciation ou glacia-

tion du Wisconsin, comme l'indiquent : 1) la présence de till déposé par la glace et de sédiments glaciomarins interstratifiés, reflet de la présence d'icebergs échoués et flottants, 2) les indicateurs environnementaux des conditions glaciaires apparaissant dans les carottes de sédiments et 3) la présence un peu partout de blocs erratiques provenant de la province de Terre-Neuve (Fader *et al.*, 1982). Par contre, l'expansion de la glaciation n'est pas encore entièrement déterminée dans la partie est des Grands Bancs étant donné que les transgressions tardives du Pléistocène-Holocène ont emporté la plupart des preuves géologiques. Cependant, les sédiments glaciomarins des chenaux enfouis au sud d'Hibernia, et les graviers grossiers et les blocs (jusqu'à 1 500 par km²) provenant de Terre-Neuve qui couvrent une bonne partie du Grand Banc ont probablement été déposés par de la glace d'origine glaciaire.

Dans la région des Grands Bancs, il y a transition entre une zone de cannelures produites par des icebergs contemporains provenant du Groenland et la zone de la plate-forme Scotian et des régions adjacentes qui est recouverte d'une population relique de traces laissées par des icebergs formés sur place au Wisconsin récent. Une discussion détaillée de l'érosion due aux icebergs est présentée ailleurs (voir l'article de D.I. Ross et M. Lewis dans le présent chapitre). L'échouement d'icebergs sur les Grands Bancs produit des cannelures et des dépressions isolées (Fader et King, 1981). La plus grosse

cannelure, ou mégacannelure, est située dans le chenal d'Avalon et mesure 12.5 m du sommet du gradin au creux (figure 4). Les gradins sont composés d'un amas de blocs dont la surface est colonisée par des éponges. Les dépressions isolées, qui résulteraient de l'action conjointe de l'érosion par des icebergs échoués et par des courants, de glissements et de ruptures du sol sont moins fréquentes. Dans la région d'Hibernia, certaines dépressions atteignent une profondeur de plus de 10 m et un diamètre de plus de 100 m (figure 5).

Des levés du sud des Grands Bancs effectués à l'aide du sous-marin *Pisces IV* ont montré que le fond marin était recouvert par endroits d'un matériau blanc filamenteux. On retrouve également ce matériau, en plaques, au large de la côte est des États-Unis, dans le golfe du Mexique et au large de l'île Baffin, dans des zones de suintements actifs de gaz ou de pétrole (B. MacLean, communication personnelle). L'expression « vase blanche » a été proposée pour décrire ce type d'accumulations (Bright et Rezak, 1977), qui sont en fait des

plaques de bactéries qui se nourrissent du méthane ou des résidus cireux résultant de l'échappement des hydrocarbures. Cette explication est également étayée par les profils du sous-sol obtenus par sismique réflexion dans la région de la Queue du Banc, qui révèlent d'importantes anomalies acoustiques (à environ 300 m de profondeur). Ces anomalies refléteraient la présence de sédiments chargés de gaz qui à la longue pourrait migrer à travers les roches et s'échapper du fond marin. Ces sédiments chargés en gaz présentent un danger potentiel en eau peu profonde pour l'exploration des hydrocarbures dans la région de la Queue du Banc. On retrouve également dans cette région les gisements de coquillages décrits précédemment. Des études sur les échappements de gaz au large des côtes de la Norvège (M. Hovelin, communication personnelle) ont montré qu'une importante population de mollusques se nourrissaient de produits d'hydrocarbures s'échappant des fonds marins. Une étude plus détaillée des rapports entre les échappements d'hydrocarbures, les bactéries et les mollusques est cependant nécessaire pour confirmer la validité de cette hypothèse. Si elle se vérifie, cela permettrait peut-être d'expliquer pourquoi l'on retrouve une dense population de mollusques dans la partie sud des Grands Bancs et à d'autres endroits de la plate-forme continentale.

La cartographie systématique de la géologie des dépôts meubles des Grands Bancs se poursuit avec la réalisation d'une série de cartes et de rapports. Ce genre d'information doit être recueilli le plus tôt possible dans la région du champ pétrolier Hibernia, aussi le programme de cartographie s'est-il accéléré, et un nouveau type de carte de la géologie des dépôts meubles a été préparé (Faber *et al.*, 1985). Cette carte illustre la distribution des dépôts meubles, les dangers potentiels présentés par les fonds marins, la densité des traces d'icebergs, la distribution des formations sur les fonds marins et toute autre donnée géologique pertinente pour permettre aux géologues, ingénieurs, écologistes et industriels de mettre en valeur rapidement et en toute sécurité les ressources de la région. Grâce à cette cartographie

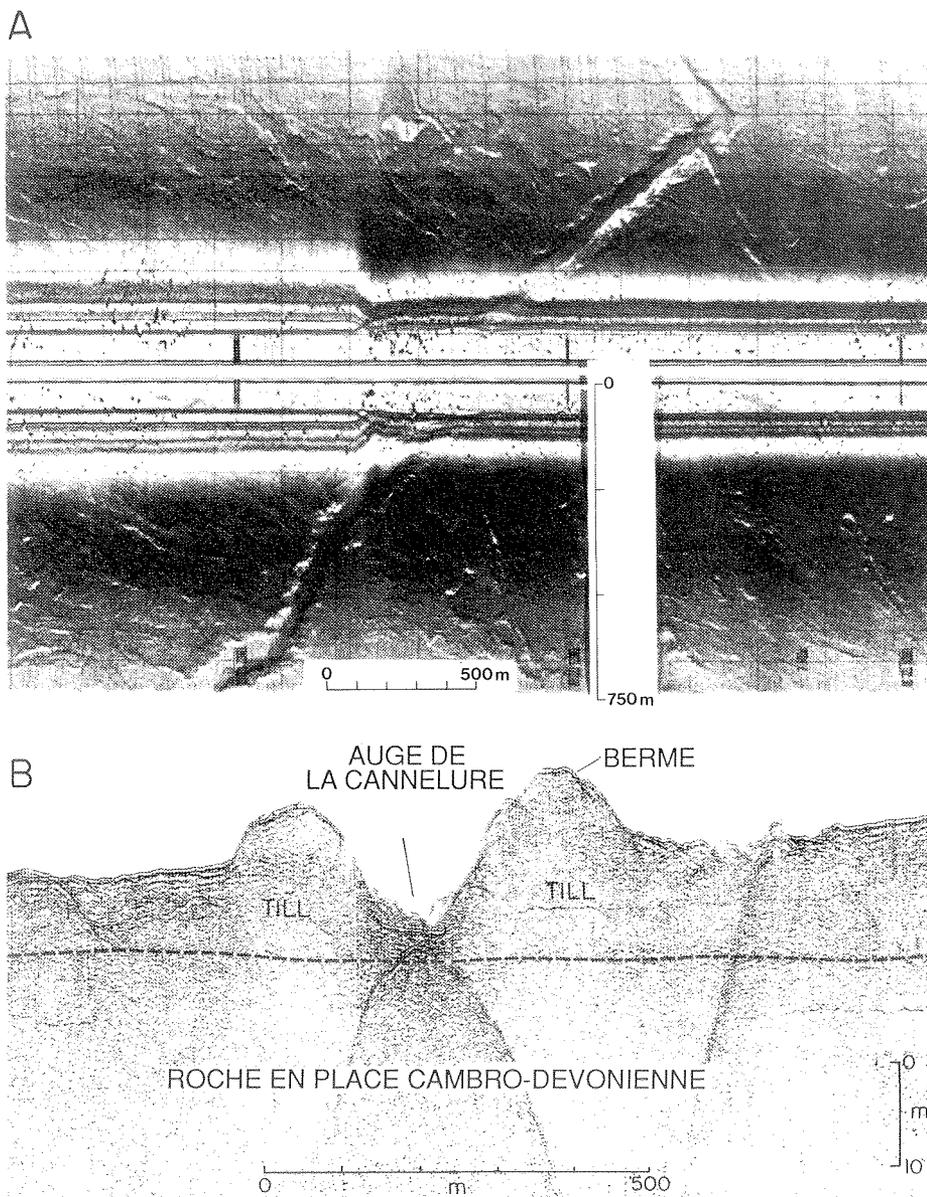


Figure 4. Sonogramme (A) en balayage latéral à 70 kHz et profil de sismique réflexion à haute résolution (B) de la « supercannelure », une des plus grosses traces laissée par un iceberg sur les Bancs de Terre-Neuve, qui se trouve dans le chenal d'Avalon, à l'est de la péninsule du même nom. Du sommet de la berme au fond de l'auge, la hauteur est de 12,5 m. L'iceberg qui a creusé cette cannelure a dû labourer le fond marin jusqu'à la roche en place, il y a peut-être plus de 20 000 ans. Noter le rapide changement de direction dans la partie supérieure du sonogramme (A). (Sonogramme aimablement fourni par C.F.M Lewis)

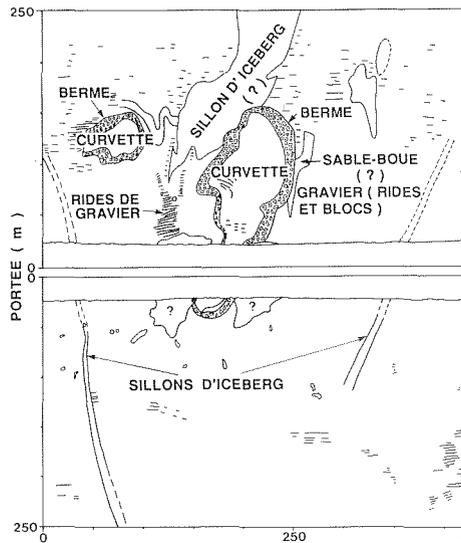


Figure 5. Sonogrammes à 100 kHz d'une cuvette d'iceberg située à 11 km, direction est-sud-est, du puits Hibernia P-15, par 87 m de profondeur. Les sédiments subsuperficiels et la surface semblent avoir été déformés jusqu'à 100 m de la cuvette, comme le montrent les zones proches de la berme, qui apparaissent comme des taches blanches (faible réflectivité) sur le sonogramme. Noter la petite cuvette qui se trouve à gauche dans la moitié supérieure.

systématique à long terme de la région, et à la cartographie détaillée de nombreux paramètres propres à un site donné, le programme de géologie des dépôts meubles est bien équilibré pour répondre aux besoins du gouvernement et de l'industrie dans la région des Grands Bancs.

Références

- BRIGHT, T. et REZAK, R. 1977. Reconnaissance of reefs and fishing banks of the Texas continental shelf. Dans *Submersibles and Their Use in Oceanography and Ocean Engineering*. New York; Elsevier Scientific Publishing Co. : 134 p.
- FADER, G.B.J. et KING, L.H. 1981. A reconnaissance study of the surface geology of the Grand Banks of Newfoundland. Geological Survey of Canada, Article 81-1A : 45-56.
- FADER, G.B.J., KING, L.H. et JOSEPHANS, H.W. 1982. Surficial geology of the Laurentian Channel and the western Grand Banks of Newfoundland. Marine Science Paper 21 / Geological Survey of Canada, article 81-22 : 37 p.
- FADER, G.B.J., LEWIS, C.F.M., BARRIE, V., PARROT, R., COLLINS, W. MILLER R.O. et D'APPALLONIA, S. Sous-press. Quaternary geology of the Hibernia area of north-east Grand Bank, Grand Banks of Newfoundland, map 14968 Q.G. Geological Survey of Canada, Open File Report.
- KING, L.H. et FADER, G.B. 1981. Seabed conditions east of the Avalon Peninsula to the Virgin Rocks — their relationship to the feasibility of a pipeline from the Hibernia P-15 well site area of Newfoundland. Geological Survey of Canada, Open File Report 723.
- MOBIL OIL CANADA, LIMITED. 1985. Environmental impact statement, Hibernia Development Project. Mobil Oil Canada Ltd., n° 1 (Sommaire) : 73 p.

Formes de l'érosion due aux icebergs sur les Grands Bancs

D.I. Ross et M. Lewis

Les icebergs qui se détachent des glaciers du Groenland sont entraînés le long des côtes du Labrador par le courant du Labrador, puis traversent la marge septentrionale des Grands Bancs de Terre-Neuve. En arrivant aux Bancs, le courant bifurque, et les icebergs suivent l'un de ses deux bras, soit le long du chenal d'Avalon qui borde la côte est de la presqu'île Avalon (Terre-Neuve), soit en travers de la marge nord des Bancs puis vers le sud, le long de la marge est et dans le chenal des Icebergs (figure 1). Cette deuxième voie passe dans la zone de prospection du champ Hibernia, sur le rebord nord-est des Bancs. En traversant les zones peu profondes, de nombreux icebergs traînent leur quille sur le

fond, qu'ils râclent sur des profondeurs de quelques mètres. Dans certains cas, ils s'échouent, creusant des dépressions au point de contact et exerçant sur les sédiments des forces considérables. Pour concevoir les installations nécessaires à la production du pétrole et du gaz du champ Hibernia et des environs, il est bon de connaître la fréquence des contacts des icebergs avec le fond, et les forces auxquelles le fond est soumis. Il faut avant tout relever les traces du passage des icebergs dans la région, évaluer ces traces à la lumière des statistiques sur le passage actuel des icebergs, mesurer les propriétés des sédiments et modéliser précisément les interactions iceberg-fond.

Deux populations distinctes de traces

d'affouillement glaciaire ont été décrites sur le nord-est des Grands Bancs (Fader et King, 1981; Lewis et Barrie, 1981). Tout d'abord, à des profondeurs de plus de 110 m, apparaît une population résiduelle datant de la fin du Wisconsin, sous la forme d'un groupement dense de stries discontinues qui semblent représenter des sillons glaciaires, partiellement comblés, couverts d'un mince vernis de sable (Fader et King, 1981). Ce groupement caractéristique se change graduellement en une surface fortement labourée, qui est bien définie à des profondeurs de plus de 200 m dans l'est de la plate-forme continentale de Terre-Neuve (Lewis et Barrie, 1981). Par ailleurs, entre 60 m et 160 m et plus, sur le nord-est du Banc, une seconde population éparsée de traces récentes vient se superposer au groupement ancien de rainures partiellement comblées (figure 2). Ces traces, qui peuvent avoir une forme allongée ou curviligne, semblent représenter

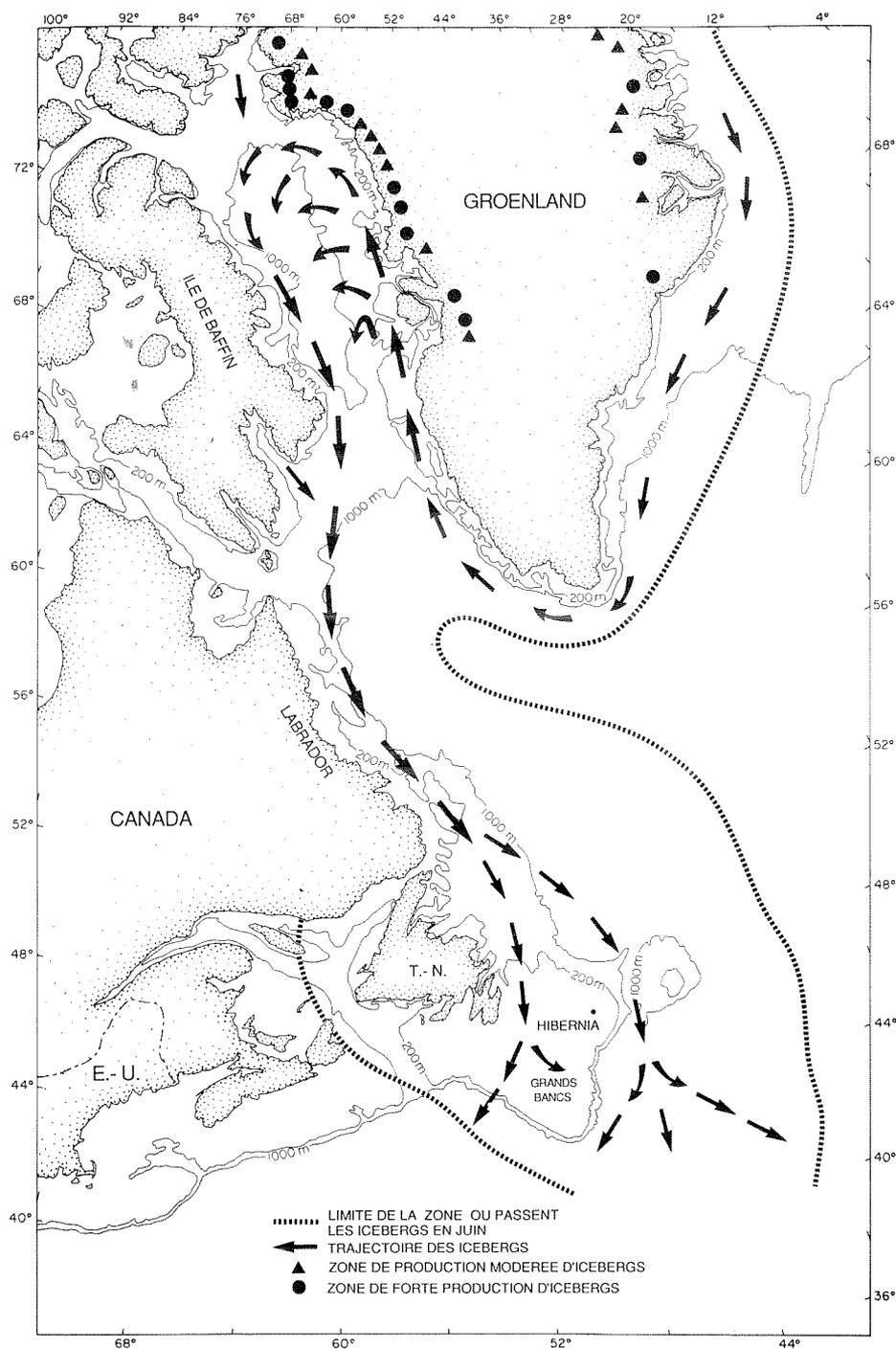


Figure 1. Carte montrant les glaciers producteurs et la dérive des icebergs jusqu'aux Grands Bancs de Terre-Neuve [Mobil Oil Canada ltée 1980, d'après Robe 1980]

l'épisode actuel d'affouillement par les icebergs, qui a commencé sur les Bancs après le relèvement du niveau de la mer, il y a environ 10 000 ans.

À l'aide du sonar à balayage latéral et du profileur sismique à haute résolution, les chercheurs ont étudié de près la morphologie des traces qui forment la population moderne datant de l'Holocène, et ont constitué une base de données à l'échelle régionale (d'Apollonia et Lewis, 1981; Geonau-

tics, en préparation). Ces moyens de cartographie géophysique, couplés aux observations directes effectuées à l'aide de sous-marins habités, ont permis aux scientifiques de comprendre de façon détaillée les caractéristiques de l'action des icebergs sur le fond et les processus physiques qui en sont à l'origine.

Les analyses régionales montrent que la densité moyenne de la population de Bancs est de 0 à 4 traces au kilomètre

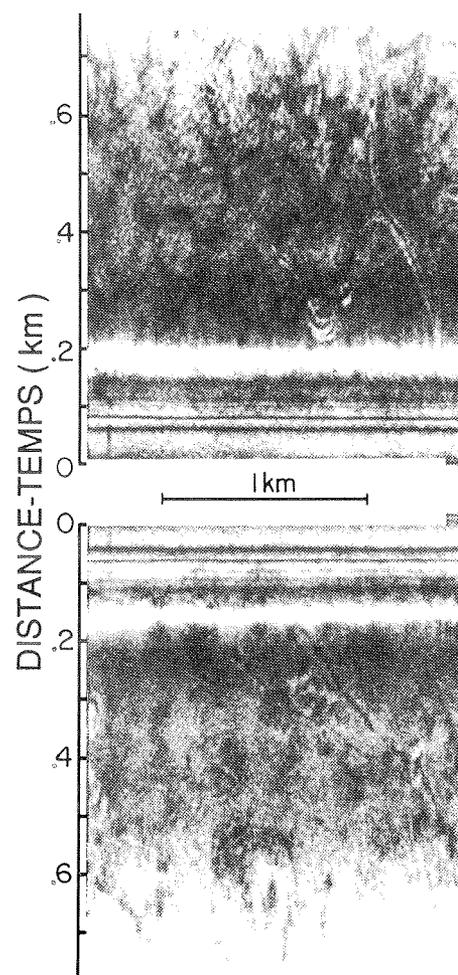


Figure 2. Sonogramme à balayage latéral du fond sur les Grands Bancs (par 133 m de profondeur) montrant deux populations de traces d'icebergs : une série de formes récentes, étroites et continues, superposées à un réseau dégradé et discontinu de bermes de sillons anciens (crêtes).

carré (figure 3), avec concentration maximale entre 130 et 160 m de profondeur (d'Apollonia et Lewis, en préparation). D'après les images obtenues au sonar à balayage latéral, les sillons mesurent en largeur de 10 à 100 m, la largeur moyenne maximum passant de 24 m entre 60 et 80 m de profondeur à 43 m entre 140 et 160 m. On mesure la profondeur des sillons par la méthode sismique à l'aide d'un appareil Huntec remorqué en profondeur, avec dispositif de compensation de la houle. Dans le nord-est du Grand Banc, la profondeur moyenne des sillons varie de 0,5 m par 60-80 m de profondeur à 1,2 m par 140-160 m (Lewis et Barrie, 1981). À la surface des Bancs, les traces changent fréquemment d'orientation, alors qu'elles sont plus rectilignes en eau profonde, ce qui pourrait s'expliquer par une influence plus grande des cou-

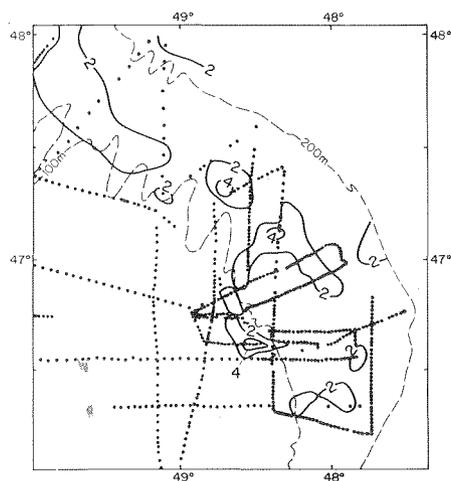


Figure 3. Carte du nord-est des Grands Bancs montrant la distribution de la densité des traces, en nombre de traces par kilomètre carré (trait gras). La densité des traces au passage de l'appareil est représentée par les points; la profondeur est en mètres (courbes discontinues).

rants sur la dérive des icebergs en eau profonde (King et Gillespie, sous presse). Le sillon le plus profond qui ait été mesuré directement (9 m) se trouve sur le flanc du chenal d'Avalon (d'Apollonia et Lewis, 1981), et c'est dans le secteur d'Hibernia (Lewis et Barrie, 1981) que se trouve le plus profond qui ait été détecté par des appareils (5,4 m). Toutefois, certaines dépressions de plus de 10 m de profondeur semblent avoir été également creusées par les icebergs (Barrie *et al.*, sous presse).

L'observation directe des traces d'icebergs telles qu'elles apparaissent aujourd'hui sur les fonds marins donne peu d'indications sur leur âge, sur le nombre d'icebergs qui raclent le fond au cours d'une année ou même sur les paramètres physiques des traces au moment de leur formation. Le comblement d'une rainure glacielle par les sédiments ou par d'autres processus de dégradation peut en modifier notablement l'apparence au fil du temps. Il est possible, dans les régions où l'affouillement est intense, d'estimer l'âge relatif de diverses traces lorsque des formes anciennes sont recoupées par des sillons plus récents. La répétition de levés dans la même zone pendant plusieurs années peut servir à repérer les traces nouvelles et à évaluer le rythme de dégradation des traces existantes. Toutefois, dans une zone où la densité des traces est faible, il faudra un grand nombre d'années avant d'obtenir selon cette méthode

une population de traces suffisante pour que l'analyse donne des résultats statistiquement significatifs.

Il est donc nécessaire de définir une méthode permettant de modéliser les populations de traces et leur rythme d'apparition, qui ferait partie de l'analyse des risques entrant dans la conception des réseaux de collecte des champs pétroliers et des autres ouvrages installés sur le fond marin. Un tel modèle devrait fournir des données statistiques sur le nombre d'icebergs touchant une région pendant une certaine période et sur la profondeur prévisible des traces, information de première importance pour la protection des structures de fond.

La modélisation des échouements a donné lieu à deux approches. La première (Gaskill *et al.*, 1985) se fonde sur l'hypothèse d'une relation entre la formation et la dégradation d'une trace et emploie les données sur les traces observées, avec des valeurs raisonnables rendant compte du comblement par les sédiments, pour définir les paramètres du moment de la formation en fonction de ceux du moment de l'observation. De cette manière, les mesures effectuées à l'observation peuvent servir à déterminer la distribution des profondeurs initiales (au moment de la formation) ainsi que la fréquence de l'affouillement par les icebergs sur une période donnée. Le deuxième modèle (d'Apollonia et Lewis, sous presse) utilise les mesures sur le flux et le tirant d'eau des icebergs, combinées à des données bathymétriques, pour calculer directement le nombre d'échouements d'icebergs dans chacune des cellules découpant la zone. Ce modèle a donné des résultats (figure 4) montrant que le groupement spatial des échouements modélisés, dans le nord-est des Bancs, est visuellement semblable à celui des traces relevées sur les fonds marins (carte de la figure 3).

Tant les traces relevées (figure 3) que les échouements modélisés (figure 4) sont le plus abondants entre les isobathes de 100 et 200 m, et leur densité diminue en-deçà et au-delà de cette zone. Cette crête de densité entre 100 et 200 m semble représenter la voie suivie par la plupart des icebergs qui traversent la région, entraînés par le courant du Labrador. La diminution au-dessus de 100 m peut refléter le fait

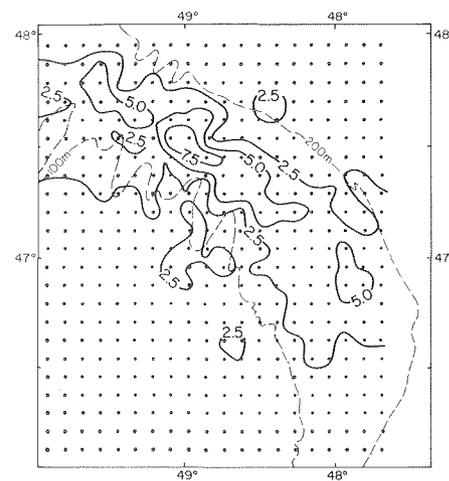


Figure 4. Exemple des résultats du modèle, montrant le nombre d'échouements calculés au kilomètre carré (trait gras) sur une période de 1 000 ans en fonction de la distribution moyenne du flux et du tirant d'eau des icebergs, sur le nord-est des Grands Bancs. Le centre des cellules du modèle est représenté par un point; la profondeur est en mètres (courbes discontinues).

que l'écoulement d'eau et de glace est plus faible sur les Bancs que dans le noyau du courant; le nombre d'échouements y est donc inférieur. À plus de 200 m de profondeur, on trouve la zone limitée à partir de laquelle même la quille des plus gros icebergs vient rarement en contact avec le fond. Il se peut que d'autres influences, qui n'ont pas encore été modélisées ni corrigées (repérage insuffisant des traces, oblitération sélective des traces par les vagues et les courants, variations dans le tirant d'eau, le flux ou la trajectoire des icebergs, etc.) causent les différences qui apparaissent entre les figures 3 et 4.

Les cuvettes ou dépressions circulaires observées sur le fond présentent une densité de distribution semblable à celle des traces modernes d'affouillement, et ont été décrites par Fader et King (1981) comme des « cuvettes glacielles » à cause de leur fréquente association avec les rainures laissées par les icebergs. King et Gillespie (sous presse) notent qu'on observe fréquemment des rainures courtes et des dépressions dans une zone relativement étroite du rebord du Banc, lorsque la rupture de pente est brutale. Sur les Grands Bancs, la profondeur maximale de pénétration dans les sédiments, parmi toutes les cuvettes mesurées, est de 8 m (Mobil Oil Canada Ltd., 1985). (Les cuvettes peuvent être sept fois plus profondes que le plus profond sillon

dans le couloir bathymétrique de 80 à 120 m.)

Les dépressions ou cuvettes présentes sur le fond marin ont été relevées lors de nombreux travaux géologiques et géophysiques, à l'échelle locale ou régionale, menés sur les Bancs (Amos et Barrie, 1980; Fader et King, 1981; Lewis et Barrie, 1981; Fader *et al.*, 1985; Barrie *et al.*, sous presse). Ces formes peuvent mesurer entre 30 et 350 m de largeur, et entre 0,5 et 8,0 m de profondeur (3,0 m en moyenne) (Mobil Oil Canada Ltd., 1985). Les observations par sous-marin habité montrent que ces cuvettes sont de forme circulaire ou elliptique.

L'origine de ces dépressions soulève une controverse. Les profils montrent une berme à faible amplitude, forme généralement associée à l'affouillement glaciaire. Certains pensent que les cuvettes pourraient être causées par l'érosion des argiles sous-jacentes, suscitée par la sortie de gaz ou d'eau (« gasturbation ») (p. ex. King et MacLean, 1970; Josenhans *et al.*, 1979; Hovland, 1981). Aucune nappe de gaz proche de la surface n'a toutefois été détectée dans la région d'Hibernia (Mobil Oil Canada Ltd., 1985). Autre interprétation proposée, mais qui n'a pu être étayée, un mécanisme de thermokarst (Mobil Oil Canada Ltd., 1985).

En octobre 1984 et août 1985, des chercheurs représentant le centre technologique pour les ressources des mers froides (Centre for Cold Ocean Resources Engineering) de l'Université Memorial, le Centre géoscientifique de l'Atlantique, Mobil Oil Canada Ltd. et le département de biologie de l'Université Memorial ont étudié une dépression de 100 m de largeur située à 11 km, direction est-sud-est, du puits de découverte Hibernia P-15. Les chercheurs ont pu utiliser le sous-marin SDL-1 de la Marine canadienne et son bateau-mère, le HMCS *Cormorant*, pour compléter par l'observation directe les mesures de la taille et de la forme de la dépression données par le sonar à balayage latéral et le profilure de la couche de fond (Barrie *et al.*, sous presse). Les résultats de ces observations, qu'illustre la figure 5, semblent nettement montrer que les dépressions allongées, pouvant mesurer jusqu'à 10 m de profondeur, présentes dans le nord-est du Grand Banc, ont été formées par les icebergs,

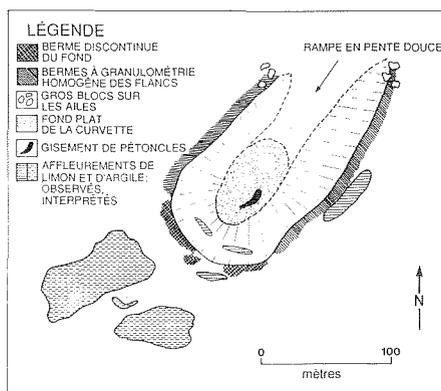


Figure 5. Plan schématique d'une cuvette glaciaire de 10 m de profondeur située au nord-est du Grand Banc, d'après des observations effectuées par sous-marin. Voir dans l'article précédent, à la figure 5, une interprétation du phénomène.

la charge imposée au fond marin provoquant une rupture de la capacité de soutien et un surcreusement. La dépression étudiée se trouvait par 87 m de fond et mesurait 10 m de profondeur. L'observation des sédiments a permis d'évaluer son âge à moins de 100 ans. La formation récente de ces dépressions surcreusées et l'effondrement des sédiments causant par le surcreusement sont des facteurs très importants dans la conception des plates-formes à gravité qui seront utilisées pour exploiter le champ Hibernia.

Références

AMOS, C.L. et BARRIE, J.V. 1980. Hibernia and Ben Nevis seabed study — Polaris V cruise report, June 1980. Centre for Cold Ocean Resources Engineering of Memorial University, Data Report 30-17 : 40 p.

BARRIE, J.V., COLLINS, W.T., CLARK, J.I., LEWIS, C.F.M. et PARROTT, D.R. Sous presse. Submersible observations and origin of an iceberg pit on the Grand Banks of Newfoundland. Geological Survey of Canada, article 86-1A.

D'APOLLONIA, S.J. et LEWIS, C.F.M. 1981. Iceberg scour data maps for the Grand Banks of Newfoundland between 46° N and 48° N. Geological Survey of Canada, Open File 819 : 13 p.

D'APOLLONIA, S.J. et LEWIS, C.F.M. Sous presse. A numerical model for calculating long term spatial distribution and mean frequency of iceberg ground events. Dans Proceedings of the Environmental Studies Revolving Fund/Office of Energy Research and Development Ice Scour Workshop (February 5-6, 1985 : Calgary, Alberta); C.F.M. Lewis *et al.* (éd.), Environmental Studies Revolving Fund Report.

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

GASKILL, H., NICKS, L. et ROSS, D. 1985. A non-deterministic model of populations of iceberg scour depths. *Cold Regions Science and Technology* 11(2) : 107-122.

GEONAUTICS LIMITED. Sous presse. Regional ice scour data base; Update studies I, Grand Banks region. Environmental Studies Revolving Fund Report.

HOVLAND, M. 1981. Characteristics of pockmarks in Norwegian Trench. *Marine Geology* 39 : 103-111.

JOSEPHANS, H.W., KING, L.H. et FADER, G.B. 1979. A sidescan mosaic of pockmarks on the Scotian Shelf. *Canadian Journal of Earth Sciences* 15 : 1082-1092.

KING, E.L. et GILLESPIE, R.T. Sous presse. Regional iceberg scour distribution and variability — Eastern Canadian Continental Shelf. Environmental Studies Revolving Fund Report.

LEWIS, C.F.M. et BARRIE, J.V. 1981. Geological evidence of iceberg grounding and related seafloor processes in the Hibernia discovery area Grand Bank, Newfoundland. Dans Symposium on Production and Transportation Systems for the Hibernia Discovery. Newfoundland Petroleum Directorate, St. John's Newfoundland : 146-177.

MOBIL OIL CANADA LIMITED. 1985. Hibernia development project environmental impact statement; Volume III : a biophysical assessment. St. John's, Newfoundland; Mobil Oil Canada Limited : 258 p.

ROBE, R.Q. 1980. Iceberg drift and deterioration. Dans Dynamics of Snow and Ice Masses; S.C. Colbeck. New York; Academic Press : 211-259.

Stabilité de la pente continentale à proximité des Grands Bancs

D.J.W. Piper

Le 18 novembre 1929, un séisme de grande intensité (amplitude 7 sur l'échelle de Richter) s'est produit sur la pente continentale au sud-ouest des Grands Bancs. L'inondation des côtes sud de Terre-Neuve, causée par le pas-

sage du tsunami résultant du séisme, a entraîné la mort de 28 personnes (Doxsee, 1948). Des glissements ont eu lieu sur la pente continentale, dans un rayon de 100 km autour de l'épicentre (Piper *et al.*, 1985), créant un puissant cou-

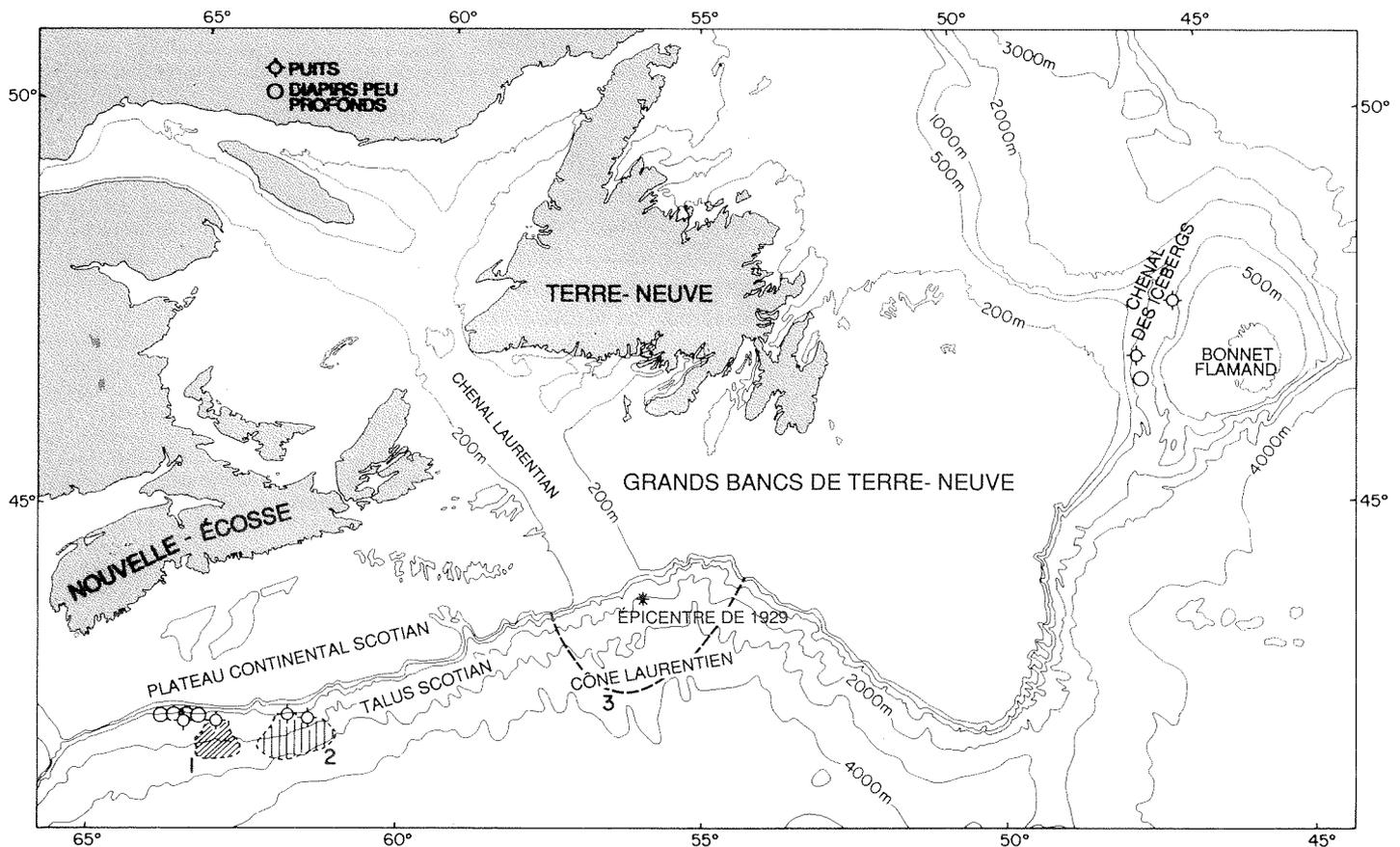


Figure 1. Emplacement des puits en eau profonde et des instabilités sédimentaires sur la marge continentale de l'est du Canada. Dans la zone 1, on relève de nombreux glissements superficiels et subsuperficiels; dans la zone 2, des formes superficielles liées au séisme survenu il y a 15 000 ans; dans la zone 3, des formes superficielles causées par le séisme de 1929.

rant de turbidité qui a charrié sur des centaines de kilomètres quelque 200 km² de graviers, de sables et de boues. Des câbles télégraphiques sous-marins ont été sectionnés presque instantanément par des glissements près de l'épicentre, d'autres l'ont été plus tard, sous l'impact du courant de turbidité. Le dernier câble a été sectionné 13 heures après le séisme. Le temps écoulé entre la secousse et le moment où les câbles les plus éloignés se sont rompus, probablement sous l'action du courant de turbidité, permet de calculer la vitesse maximale probable de ce courant, soit 65 km/h pour des pentes de 2,5°.

Le séisme de 1929 soulève certaines questions au sujet de l'exploration et de l'exploitation des hydrocarbures dans la région des Grands Bancs. Se peut-il qu'un autre séisme se produise dans cette zone ou ailleurs dans la région? Quels seraient les effets d'un séisme d'une telle amplitude sur les plates-formes de forage et autres structures? Dans quelle mesure les sédiments de l'abrupte pente continentale sont-ils stables, entre autres dans le chenal des

Icebergs (passage Flemish) et sur la pente de la plate-forme Scotian, où s'effectuent à l'heure actuelle des travaux de prospection?

Bien qu'il soit possible d'estimer la probabilité d'un séisme d'intensité donnée dans les cas où il existe suffisamment d'information sur l'activité sismique passée, le moment exact de l'évènement ne peut être prévu. La Division de la physique du globe du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, organisme responsable de la prévision sismique, produit une carte des zones sismiques, présentée dans le Code national du bâtiment. Toutefois, les Grands Bancs sont situés loin en mer et le nombre de stations sismographiques terrestres avoisinantes est faible, aussi notre connaissance de la distribution des séismes ne nous permet-elle malheureusement pas de prévoir avec précision le risque de séisme à proximité des Grands Bancs (Basham *et al.*, 1983).

Dans le cadre des études sur l'activité sismique effectuées dans cette région par l'IOB, des sismomètres, conçus à

l'Institut, ont été installés durant deux mois au fond de la mer, près de l'épicentre du séisme de 1929, pour tenter de déceler de petites secousses. Seuls deux séismes de faible amplitude ont pu être relevés par les appareils.

De même, l'IOB utilise de nouvelles techniques géophysiques utilisant des instruments remorqués en profondeur, par exemple le sonar latéral ou la sismique réflexion, pour essayer de localiser le site d'anciens séismes importants. Ces techniques permettent de repérer les traces des glissements de terrain ou autres phénomènes semblables à ceux de 1929, causés par des séismes antérieurs, qui seraient enfouies sous des sédiments plus récents. La datation de ces sédiments permet d'estimer l'âge de l'activité sismique. Ces études ont permis de montrer que les séismes de l'amplitude de celui de 1929 sont peu fréquents sur la marge continentale de l'est du Canada; il s'en est probablement produit un au sud d'Halifax il y a quelque 15 000 ans (Piper *et al.*, sous presse) et un autre il y a 30 000 ans environ dans le chenal des Icebergs

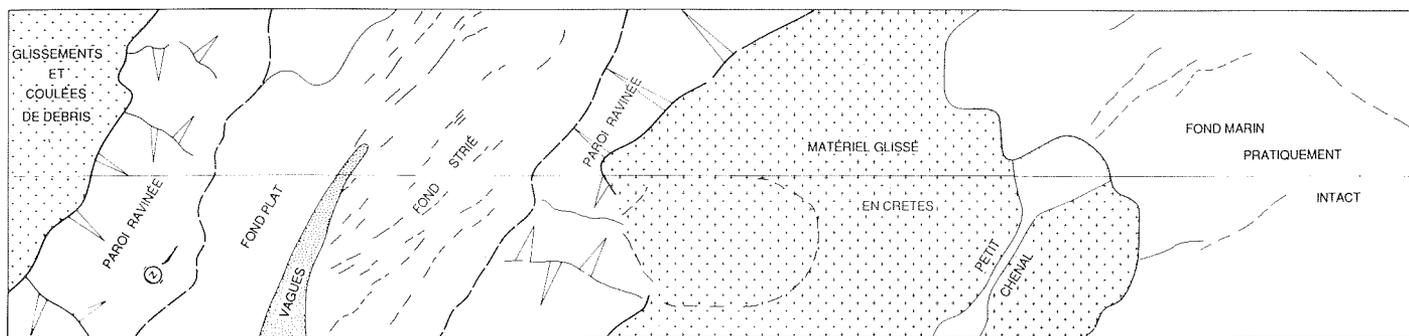
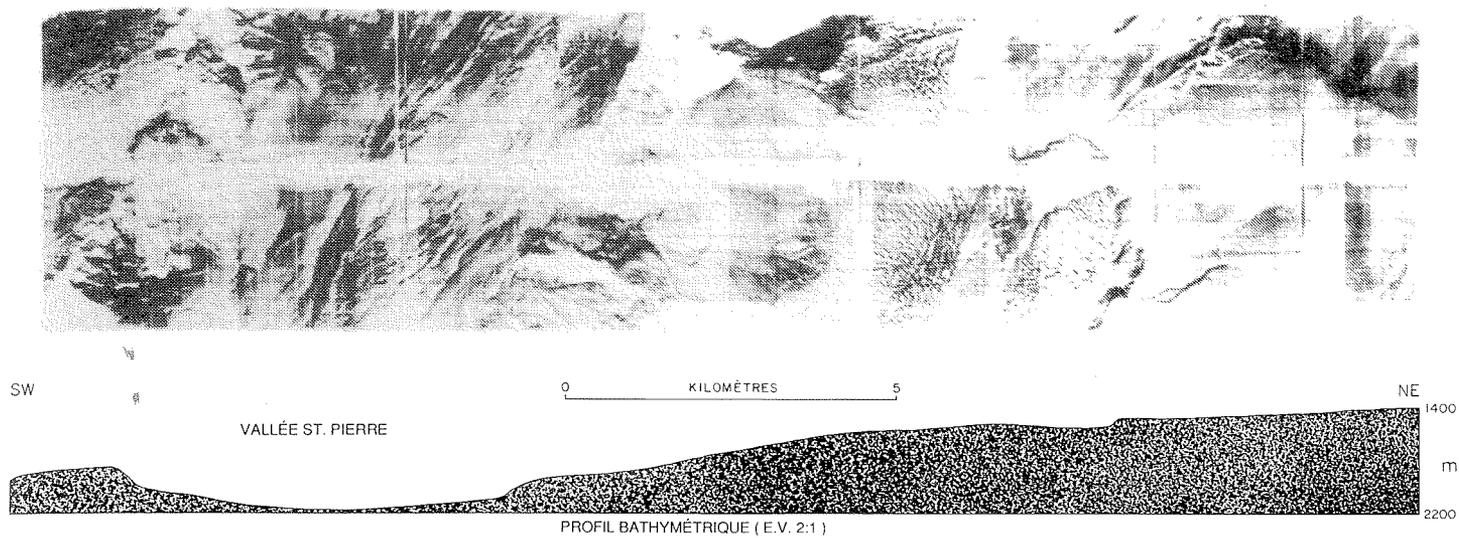


Figure 2. Profils de sismique réflexion montrant des formes de diapirisme peu profond et de failles sur le talus Scotian.

(Pereira *et al.*, 1985). Un séisme comme celui de 1929 n'a probablement lieu qu'une fois tous les 100 000 ans dans cette région du sud des Grands Bancs. Même si nos études et nos banques de données sont incomplètes, les travaux géologiques montrent que les séismes importants sont très rares dans la région des Grands Bancs. Dans les champs de production pétrolière de la plate-forme continentale, l'effet des icebergs et des vagues sur les structures serait probablement plus important que tout effet de l'activité sismique.

Au-delà de la plate-forme continentale, sur le talus abrupt, on juge supérieur le risque de glissement de terrain déclenché par un séisme ou un autre phénomène géologique, notamment le surraidissement produit par l'érosion d'une vallée ou la surcharge causée par une sédimentation rapide. Comme les caractéristiques géologiques de la pente continentale au large de l'est du Canada sont différentes de celles de la plupart des autres pentes sur lesquelles il y a

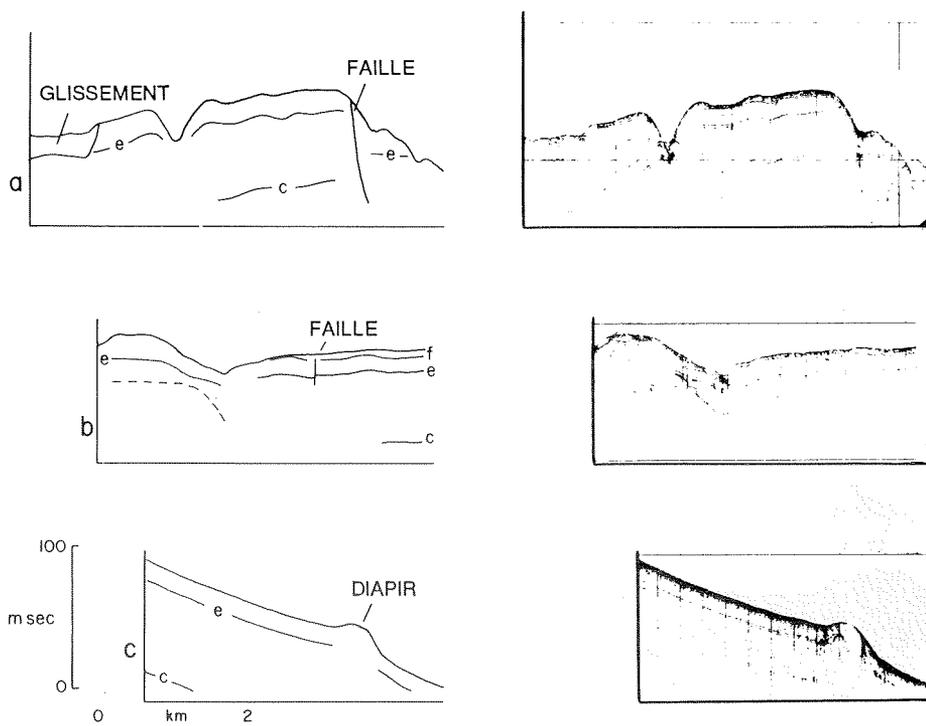
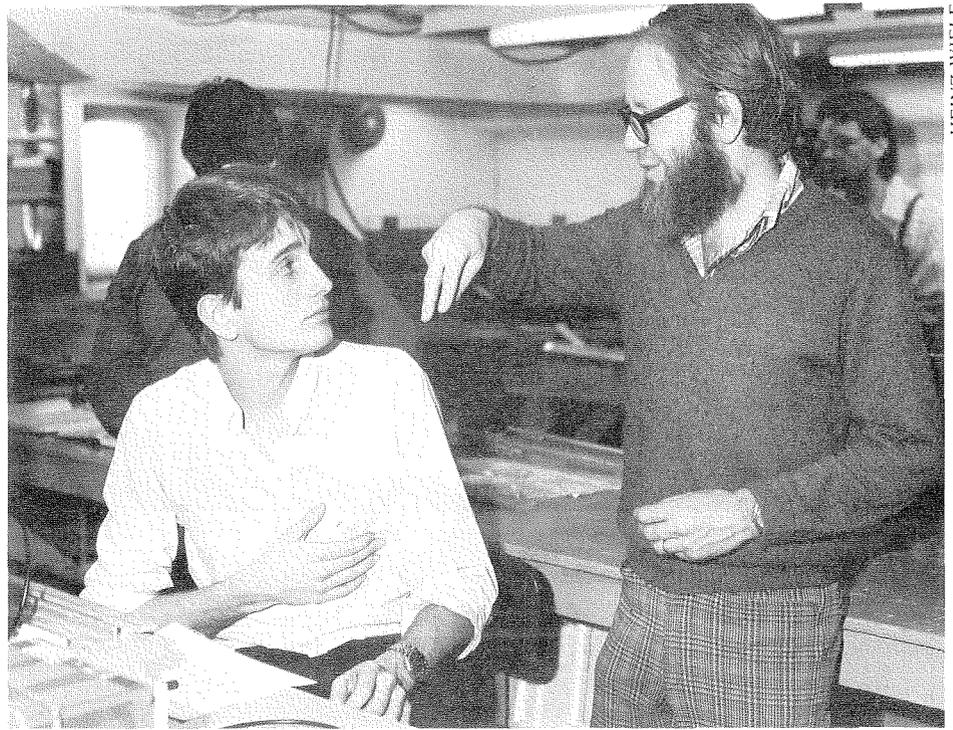


Figure 3. Image du sonographe SeaMARC en balayage latéral montrant les résultats d'un éboulement rotatoire provoqué par le séisme de 1929.

eu prospection des hydrocarbures, notamment dans le golfe du Mexique, nous manquons de données et d'expérience pour l'analyse de la stabilité des pentes à cet endroit.

Les études des glissements sous-marins, effectuées par l'IOB dans la région de l'épicentre de 1929 et sur la pente de la plate-forme Scotian, ont révélé que l'instabilité des sédiments est étroitement liée à la sédimentation qui s'est produite il y a 50 000 ans, au moment où l'inlandsis recouvrait la plate-forme continentale (King et Fader, 1985). À beaucoup d'endroits, ces glaciers s'étendaient au-dessus de la pente continentale jusqu'au point où la profondeur de l'eau atteint 500 m. Les limons et les sables fins accumulés à cet endroit sont sensibles à la liquéfaction dans les cas de surcharge répétée. Les boues fines en suspension qui se sont déposées rapidement plus loin de la marge du glacier pourraient être mal consolidées par endroits et susceptibles de se déformer par lente reptation ou par déplacement ascendant de masses de boues contenues dans des diapirs peu profonds.

Afin de mieux comprendre les problèmes que pourrait causer l'instabilité des sédiments sur la pente continentale, un programme d'essais et d'échantillonnage a été lancé; certaines parties en sont données à contrat, d'autres sont effectuées conjointement avec la Technical University de la Nouvelle-Écosse et le Conseil national de recherches du Canada, et d'autres encore sont menées au nouveau laboratoire de recherches géotechniques du Centre géoscientifique de l'Atlantique. De nouvelles techniques d'échantillonnage et de mesure sont mises au point par le centre international de travaux de carottage à grande pénétration (Long Coring Facility) administré par l'Université du Rhode Island et dans le cadre de divers projets du programme PPIL du Conseil national de recherches du Canada, avec les sociétés Hunttec (projet Seabed II) et NORDCO (pénétration à cône sur trépied).



John Hughes Clarke et David Piper dans le laboratoire polyvalent du nsc *Hudson*

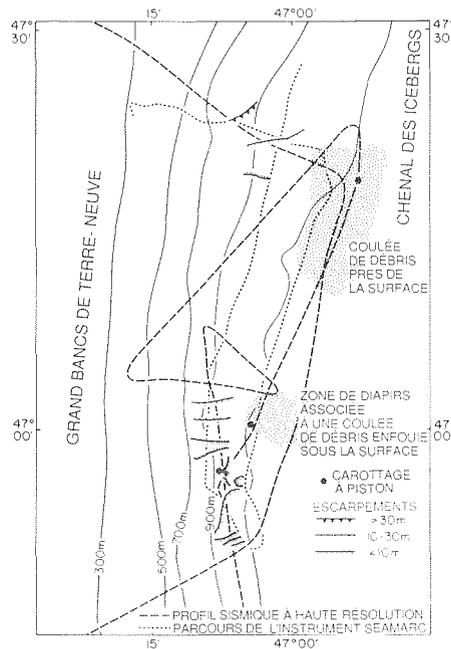


Figure 4. Carte interprétative des instabilités du fond marin dans le chenal des Icebergs

Références

- BASHAM, P.W., ADAMS, J. et ANGLIN, F.M. 1983. Earthquake source models for estimating risk on the Eastern Canadian continental margin. Fourth Canadian Conference on Earthquake Engineering, Vancouver (C.-B) : 495-508.
- DOXSEE, W.W. 1948. The Grand Banks earthquake of November 18, 1929. *Publications of the Dominion Observatory, Canada 7* : 323-336.
- KING, L.H. et FADER, G.B. 1985. Wisconsinan glaciation of the continental shelf — southeast Atlantic Canada. Geological Survey of Canada, Open File 1126.
- PEREIRA, C.P.G., PIPER, D.J.W. et SHOR, A.N. 1985. SeaMarc I midrange sidescan sonar survey of Flemish Pass, east of the Grand Banks of Newfoundland. Geological Survey of Canada, Open File 1161.
- PIPER, D.J.W., FARRE, J.A. et SHOR, A.N. Sous presse. Late Quaternary slumps and debris flows on the Scotian Slope. *Geological Society of America Bulletin*.
- PIPER, D.J.W., SHOR, A.N., FARRE, J.A., O'CONNELL, S. et JACOBI, R. 1985. Sediment slides and turbidity currents on the Laurentian Fan : sidescan sonar observations near the epicentre of the 1929 Grand Banks earthquake. *Geology 13* : 538-541.

Océanographie physique et chimique

Les Grands Bancs ont toujours joué un rôle important dans l'économie canadienne, dès les débuts de la pêche européenne et jusqu'à notre époque avec le champ pétrolier Hibernia, et ils constituent la plate-forme continentale la mieux connue du pays. Sur le plan océanographique, ils font partie du complexe continu que forment les grandes plates-formes continentales de la côte est du Canada, plates-formes qui, du fait de leur étendue, présentent des processus physiques et chimiques et des caractéristiques de l'eau tout à fait particuliers. Les Grands Bancs n'y font pas exception. Ils sont le point de rencontre des grands courants superficiels de l'Atlantique nord-ouest : le courant du Labrador, le Gulf Stream et le courant de décharge du golfe du Saint-Laurent. Ils se trouvent aussi à la limite sud de la banquise du Labrador et constituent la zone où viennent fondre la plupart des icebergs de la côte est. Le courant du Labrador, avec ses divers bras qui suivent le détroit de Belle Isle, le chenal d'Avalon et le talus continental à l'est, se mélange et interagit avec les eaux du Gulf Stream sur le rebord sud des Bancs, et avec les eaux estuariennes du golfe du Saint-Laurent à l'ouest. La

rencontre et le mélange de ces diverses eaux sur les Bancs et à leurs abords offrent un domaine complexe et passionnant à la recherche en océanographie physique et chimique.

Le Laboratoire océanographique de l'Atlantique (LOA), avec ses experts en physique, en chimie et en météorologie, a fait depuis vingt ans un effort notable pour améliorer la description et la compréhension des Bancs. Comme vont le montrer les articles qui suivent, ces études sont généralement pluridisciplinaires, car, de nos jours, les succès obtenus dans une discipline dépendent souvent étroitement des résultats ou de la technologie d'un autre domaine. Cette interdépendance est remarquablement mise en relief par l'essor que nous avons récemment donné aux études sur la glace de mer et les icebergs. Nous avons entrepris d'élaborer des méthodes permettant de prédire régulièrement, de façon saisonnière et interannuelle, l'étendue de la couverture glacielle près du champ pétrolier Hibernia. Les modèles de la distribution de la glace demandent la prédiction, d'une part, du développement et de la dégradation de la glace à l'échelle locale, d'autre part, de l'advection sous l'influence des vents et des cou-

rants. Comme nous l'avons indiqué plus haut, ces grands systèmes de courants peuvent influencer sur le mouvement et les propriétés de l'eau (température) dans le secteur des Bancs, et chacun peut aussi être influencé par des processus à l'échelle de l'océan ou même du globe. Ce programme d'étude des glaces dépend donc étroitement des mesures et des modèles des courants, des vents et des propriétés de l'eau dans tout le système de la côte est. Pour surveiller l'étendue et le mouvement des glaces, nous utilisons le nouvel outil que nous offre l'imagerie satellitaire avec ses moyens d'analyse, ainsi que des balises de localisation communiquant par satellite. Nos travaux de modélisation exigent la puissance de nos plus gros ordinateurs. Sans l'éventail d'experts et de moyens techniques dont dispose le Laboratoire, il ne serait pas possible de traiter de ce problème complexe, ni de bien d'autres qui sont décrits dans le présent chapitre.

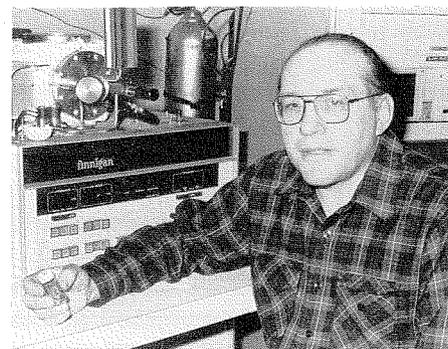
— *J.A. Elliott*
Directeur
Laboratoire océanographique de
l'Atlantique

Concentration ambiante et origine des résidus de pétrole sur les Grands Bancs

E.M. Levy

Dans la région des Grands Bancs, qui compte depuis longtemps parmi les principales pêcheries de l'Atlantique nord, on a récemment découvert l'une des plus importantes réserves de pétrole du monde occidental. Étant donné que la majeure partie de cette

zone se trouve à l'intérieur de la limite des 200 milles, le Canada se trouve devant un problème épineux : tirer le maximum de profit des ressources pétrolières sans trop nuire à la pêche. Le risque le plus évident pour les ressources biologiques serait, bien sûr,



Eric Levy

KELLY BENTHAM

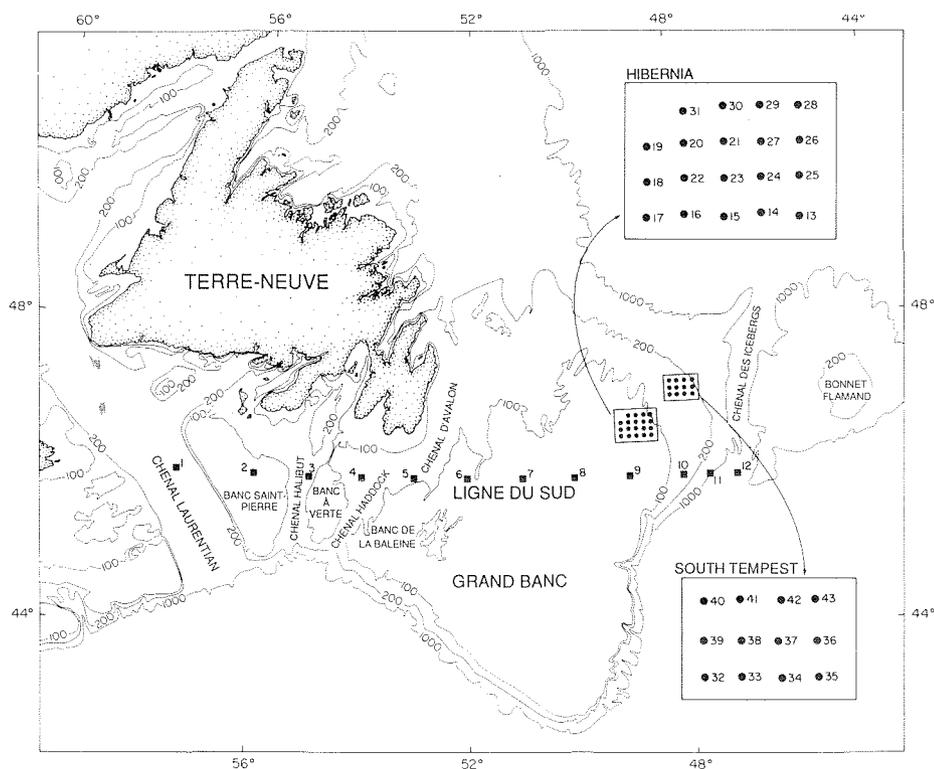


Figure 1. Bathymétrie générale de la région des Grands Bancs et localisation des stations d'échantillonnage (7-17 avril 1981).

une grande marée noire avec éruption de puits, comme il s'en est déjà produit dans le golfe du Mexique et dans la mer du Nord. Le naufrage de la plate-forme *Ocean Ranger* a déjà souligné le danger que représentent la prospection et la production pétrolières dans le milieu très hostile que consti-

tuent les Grands Bancs. Moins spectaculaires, mais tout autant nuisibles à l'environnement, sont les effets cumulatifs des hydrocarbures qui sont libérés régulièrement au cours des activités normales. Pour tirer un profit maximum des ressources de la région, il est nécessaire de mettre sur pied un

système d'alerte qui signalerait l'imminence d'une dégradation des ressources renouvelables et la nécessité de prendre des mesures correctrices. L'élément premier et essentiel d'un programme de surveillance est une évaluation de la concentration ambiante des hydrocarbures volatils et des résidus de pétrole présents dans la région avant toute production de pétrole brut, et nous avons mené en avril 1981 une campagne d'étude de la région à l'aide du nsc *Dawson* (Levy, 1983). L'étude portait sur l'examen des concentrations ambiantes de résidus particuliers de pétrole flottant à la surface de la mer, d'hydrocarbures volatils et de résidus de pétrole dissous et dispersés dans la microcouche de surface et dans toute la colonne d'eau, et des résidus de pétrole dans les sédiments meubles du fond, le long d'une ligne de stations allant du chenal Laurentien au Bonnet Flamand, en travers des Grands Bancs, et aux sites Hibernia et South Tempest, où des forages exploratoires étaient en cours. De plus, les chercheurs ont effectué des analyses chimiques complémentaires afin de déterminer l'origine des hydrocarbures responsables de la concentration ambiante actuelle.

Chimie de l'eau et circulation générale

Les eaux des Bancs sont dominées par le bras côtier du courant du Labrador, qui descend dans la portion nord du Grand Banc puis s'étale vers le sud en un système complexe de courants présentant une variabilité saisonnière et locale. Au printemps, les couches supérieures de l'eau sont modifiées par l'apport annuel d'eau froide et peu salée provenant de la fonte des glaces de mer et de l'eau douce apportée par le ruissellement le long des côtes de Terre-Neuve et du Labrador. Dans certaines conditions météorologiques, les eaux plus chaudes et plus salées présentes le long de la pente continentale font à l'occasion une incursion sur les Bancs. Le mélange de ces eaux, et le réchauffement saisonnier, expliquent les propriétés chimiques et physiques de l'eau dans chacune des régions étudiées, et jouent un rôle de premier plan dans l'interprétation de la distribution observée des substances dérivées du pétrole.

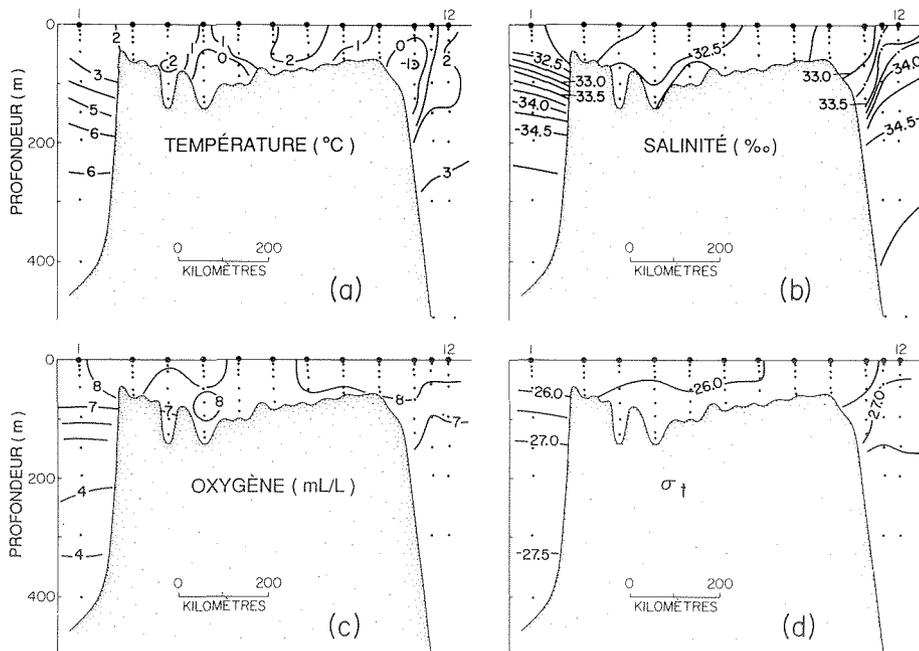


Figure 2. Coupes montrant a) la température, b) la salinité, c) l'oxygène dissous et d) σ_t le long de la ligne du sud.

La chimie de l'eau de la région des Grands Bancs au moment de l'étude est illustrée par la figure 2. L'eau du talus ($>5,0^\circ$, $>34,5^\circ/00$, $5,1 \text{ mL/L}$) était présente au-dessous de 150 m environ dans le chenal Laurentien et le long du talus occidental des Bancs, tandis qu'un noyau d'eau du courant du Labrador, qui était à l'origine des basses températures relevées dans toute la colonne d'eau aux stations 10 et 11 et près du fond à la station 8, se retrouvait le long du talus océanique des Bancs. Au-dessus du Grand Banc (stations 5-8), la température, la salinité et la concentration de l'oxygène dissous étaient très uniformes ($1,5 + 0,5^\circ\text{C}$, $32 + 0,25^\circ/00$, $8,0 \text{ mL/L}$), tandis que les faibles différences dans les propriétés de l'eau relevées d'est en ouest au-dessus du Grand Banc, du banc à Vert et du banc Saint-Pierre, reflètent le mélange en proportions différentes de l'eau modifiée du courant du Labrador et de l'eau du talus. Par exemple, à la station 4, qui se trouvait directement dans l'écoulement d'eau modifiée du courant du Labrador passant dans le chenal d'Avalon et le chenal Haddock, les températures étaient plus basses, et la salinité et la concentration d'oxygène dissous plus élevées qu'aux stations voisines situées sur la pente du banc à Vert (station 3) et sur la pente du banc de la Baleine (station 5). En revanche, l'élévation de la température à la station 7 indique une intrusion d'eau du talus sur le banc. Dans toute la région, le brassage vertical causé par les tempêtes de la fin de l'hiver et du début du printemps amenait une quasi-uniformité dans les températures et les salinités, des concentrations d'oxygène dissous dépassant le seuil de saturation, et des densités qui étaient presque identiques dans toute la couche supérieure de 50-60 m à chaque station. Au-dessous de cette couche homogène, la densité de l'eau sur les Bancs augmentait en direction du fond à cause de la hausse de la salinité et de la diminution de la température, et on notait une légère augmentation de la densité d'est en ouest en travers des Bancs.

Au site South Tempest (figure 3), les températures étaient inférieures à 0°C dans toute la colonne d'eau, sauf sur le fond, et une couche de température minimum, pouvant descendre jusqu'à

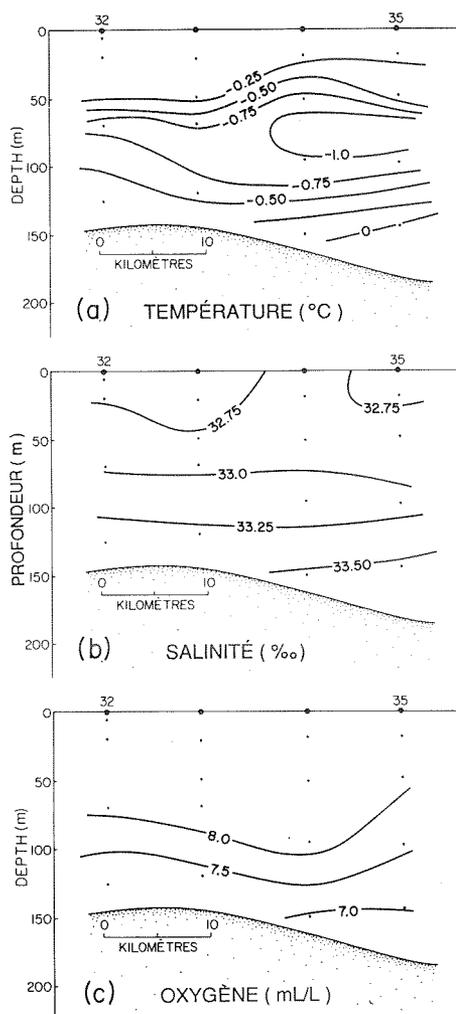


Figure 3. Coupes représentatives montrant a) la température, b) la salinité et c) l'oxygène dissous pour la grille de South Tempest.

$-1,32^\circ\text{C}$, était présente entre 80 et 120 m. Les concentrations d'oxygène dissous étaient de $7,5-8,2 \text{ mL/L}$ dans la couche, $> 8 \text{ mL/L}$ au-dessus, et $< 7 \text{ mL/L}$ au-dessous. Cette couche de température minimum était probablement un vestige du refroidissement de l'hiver précédent, tandis qu'on retrouvait au-dessus l'eau du courant du Labrador modifiée par l'eau de fonte et par un léger réchauffement saisonnier; l'eau située en-dessous de la couche était de l'eau du courant du Labrador pratiquement non modifiée. Au site Hibernia (figure 4), qui se trouvait plus loin du rebord du plateau continental et où la profondeur de l'eau était nettement moindre, l'eau du courant du Labrador non modifiée était moins présente. Le niveau général de température était notablement plus élevé parce que le réchauffement saisonnier était plus avancé du fait de la latitude plus faible, et les températures

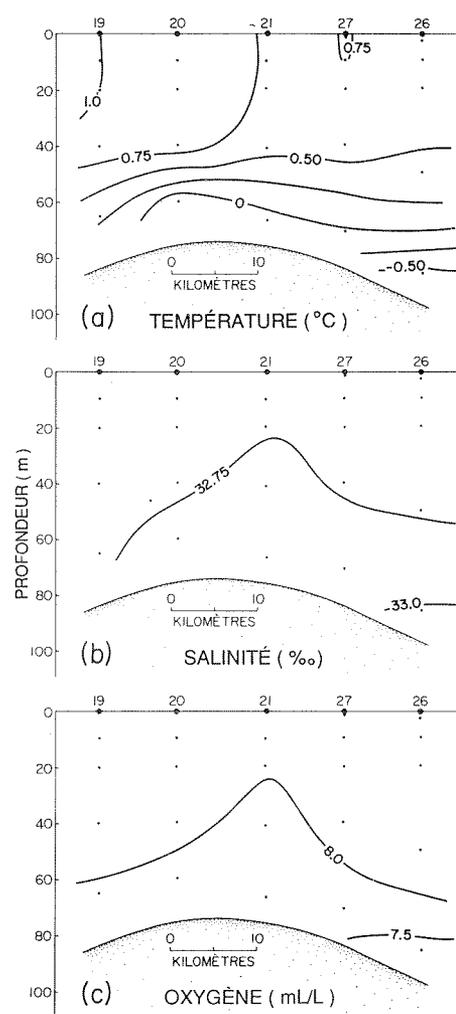


Figure 4. Coupes représentatives montrant a) la température, b) la salinité et c) l'oxygène dissous pour la grille d'Hibernia.

augmentaient du nord au sud et d'est en ouest. On trouvait des températures négatives près du fond sur les deux lignes les plus au nord mais, à l'exception de la station 25, pas sur les deux lignes du sud. Les propriétés des eaux profondes dans cette région étaient très semblables à celles relevées aux mêmes profondeurs au site South Tempest, sans qu'il y ait toutefois signe de la présence d'une couche de température minimum. Dans les deux endroits, la couche supérieure de 50 m présentait un mélange homogène dû aux tempêtes qui prévalaient à cette période.

Hydrocarbures volatils

Colonne d'eau — Le méthane était le seul hydrocarbure volatil présent (limite de détection $0,02 \text{ nmol/L}$) dans pratiquement chacun des 234 échantillons d'eau prélevés sur les Grands Bancs.

Dans les rares cas où on a détecté de l'éthane, du propane et d'autres hydrocarbures volatils à poids moléculaire plus élevé, leur concentration n'était jamais supérieure à un faible pourcentage de celle du méthane, ce qui semble montrer que le méthane, au lieu de s'échapper du fond marin par suintement ou autre mécanisme, avait principalement une origine biologique récente.

Les concentrations de méthane variaient entre 0,41 et 1,8 nmol/L, la grande majorité des mesures se trouvant dans la fourchette 0,45–0,90 nmol/L. Lorsque des séries de données sont aussi asymétriques, la meilleure solution consiste à les traiter par l'analyse logarithmique normale, et la moyenne géométrique de 0,74 nmol/L constitue une mesure satisfaisante du niveau ambiant pour l'ensemble de la région. La répartition géographique des concentrations ambiantes donne respectivement pour le sud des Bancs, Hibernia, South Tempest, le Bonnet Flamand et le chenal Laurentien : 0,70, 0,68, 0,86, 0,90 et 0,65 nmol/L. Au site Hibernia, les concentrations de méthane étaient remarquablement uniformes, 92 % des mesures se trouvant dans une fourchette de $0,69 \pm 0,09$ nmol/L (figure 5, partie A), ce qui témoigne du fort degré de mélange qui se produisait à ce moment-là dans la colonne d'eau.

Toutes les valeurs qui dépassaient cet intervalle se trouvaient dans la portion est et sud-est de la grille, et semblent représenter la composante relativement non modifiée de l'eau du courant du Labrador. On peut voir le même phénomène dans le niveau élevé de la concentration ambiante de méthane dans la grille de South Tempest (figure 5, partie B) à l'endroit où dominait l'eau du courant du Labrador modifiée par l'eau de fonte, et dans la concentration plus élevée de méthane aux stations 8 à 11 sur la ligne du sud (figure 5, partie C) à l'endroit où apparaît une forte composante d'eau du courant du Labrador. Dans la grille de South Tempest, la distribution du méthane dans la colonne d'eau était plus complexe, ce qui correspond au caractère plus hétérogène de l'eau. Sur ce site, la fourchette des concentrations était plus grande (0,59–1,75 nmol/L), et les concentrations augmentaient en fonction de la profondeur. Le long de la ligne du sud (figure 5, partie C), les concen-

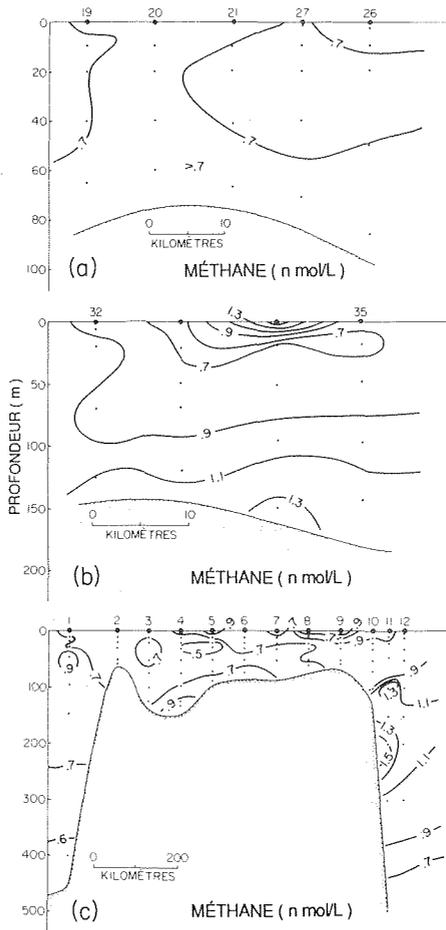


Figure 5. Coupes représentatives montrant les concentrations de méthane a) dans la grille d'Hibernia, b) dans la grille de South Tempest et c) sur la ligne du sud.

trations de méthane dans la couche supérieure de 100 m se situaient, pour la plupart, entre 0,45 et 0,90 nmol/L. Aux stations 8 à 11, toutefois, une poche d'eau contenait des concentrations de 0,90–1,35 nmol/L. Elle se trouvait dans le noyau d'eau du courant du Labrador, et sa concentration en méthane était donc plus proche de celle de la grille de South Tempest que les mesures relevées ailleurs dans le sud des Bancs et sur la grille d'Hibernia. Il semblerait, là encore, que les concentrations légèrement plus fortes de méthane dans l'eau située au-dessus du rebord des Bancs soient liées à une accélération des processus biologiques.

La teneur ambiante en hydrocarbures volatils relevée pendant l'étude dans l'eau des Grands Bancs correspondait à 25 % seulement des concentrations observées par Lamontagne *et al.* (1973) dans les eaux superficielles de la mer de Norvège (2,3–3,5 nmol/L) et de la mer du Groenland (3,3–5,1 nmol/L) et des mesures effectuées par Scranton

et Brewer (1977) dans l'ouest de l'Atlantique nord subtropical (1,5–5,7 nmol/L). Cette observation représente vraisemblablement la faiblesse de l'activité biologique sur les Grands Bancs au début du printemps, lorsque la température de l'eau et l'éclairement sont bas.

Sédiments meubles du fond — Dans les sédiments meubles du fond, le long de la ligne du sud et dans la grille d'Hibernia, les concentrations totales d'hydrocarbures volatils allaient de 0,05 à 0,41 nmol/L et de 0,81 à 3,2 nmol/L, tandis que les teneurs en méthane allaient de 0,45 à 2,19 nmol/L (figure 6). Dans la première zone, les sédiments étaient de granulométrie et de texture très variées et, en certains points, totalement exempts d'hydrocarbures volatils. Les échantillons prélevés dans la grille d'Hibernia étaient beaucoup plus uniformes, et les courbes indiquaient que les concentrations les plus élevées se situaient dans la partie ouest de la grille. Il est tentant de soupçonner la présence souterraine de gaz et de pétrole, hypothèse qui semble étayée par la présence de quantités appréciables d'éthane, de propane et de butane. En effet, le rapport de la concentration de méthane aux concentrations combinées d'éthane et de propane se situait bien dans la fourchette (0–10) communément reconnue comme indicatrice de la présence de gaz fossile, alors que le rapport est habituellement de 10^{-3} à 10^{-4} pour les gaz d'origine biologique récente (Bernard *et al.*, 1977).

Résidus de pétrole

Nappes superficielles — L'observation visuelle de la surface de la mer n'a permis de repérer aucune nappe de pétrole le long de la ligne du sud (stations 1 à 12), alors que les conditions météorologiques et océanographiques étaient favorables à leur formation et à leur détection. Pendant le reste de l'expédition, la force des vents et l'état de la mer auraient empêché toute formation de nappe si du pétrole avait été présent.

Particules flottantes de pétrole — Il a été possible de recueillir des échantillons pour mesurer les résidus de pétrole sous forme de particules flottantes aux 27 premières stations seulement, après quoi la mer était trop

grosse pour qu'on puisse mouiller l'échantillonneur. Les concentrations de goudron flottant allaient de 0 à 85 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ (figure 7), mais près des deux tiers des échantillons n'en contenaient aucune trace. L'analyse par chromatographie en phase gazeuse semble montrer que les restes de goudron provenaient toujours du pétrole rejeté par des bateaux.

Les données étaient trop peu nombreuses pour permettre d'estimer la concentration ambiante, mais les mesures effectuées dans l'Atlantique nord-ouest entre 1971 et 1974 semblent montrer qu'à cette période la concentration ambiante était inférieure à 10 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ (Levy et Walton, 1976). Étant donné que les concentrations de goudron augmentaient brutalement dans les eaux dominées par le Gulf Stream alors qu'elles étaient pratiquement nulles vers le nord, il semblerait que le goudron détecté aux stations 4, 5 et 6 provenait du sud. Les mesures faites aux autres stations étaient probablement plus représentatives des conditions générales sur les Grands Bancs et indiquaient que l'écoulement vers le sud de l'eau non polluée du courant du Labrador maintenait des conditions relativement primitives pour ce qui est des particules flottantes de goudron.

Résidus dissous ou dispersés de pétrole — En avril 1981, les concentrations de résidus de pétrole dissous ou dispersés dans la *microcouche superficielle de la mer*, sur les Grands Bancs, allaient de 14 à 440 $\mu\text{g}/\text{L}$, mais la plupart des valeurs se situaient entre 25 et 50 $\mu\text{g}/\text{L}$. Le niveau général de pollution, indiqué par la moyenne géométrique, était de 28,9 $\mu\text{g}/\text{L}$, c'est-à-dire nettement plus élevé que le niveau de 7,5 $\mu\text{g}/\text{L}$ observé en 1977 dans la baie de Baffin (Levy, 1980). Ce phénomène était probablement directement lié à l'activité humaine, plus forte dans la région. En outre, comme le montrent les courbes de la figure 8, une zone polluée se trouvait au site Hibernia en aval de la plate-forme de forage *Ocean Ranger* et dans la zone d'activité de ses navires ravitailleurs. Il est donc tout à fait vraisemblable que les fortes concentrations (jusqu'à 440 $\mu\text{g}/\text{L}$) relevées dans cette région étaient directement liées à l'activité humaine et, dans cette hypothèse, la distribution observée de la pollution superficielle serait attribuable

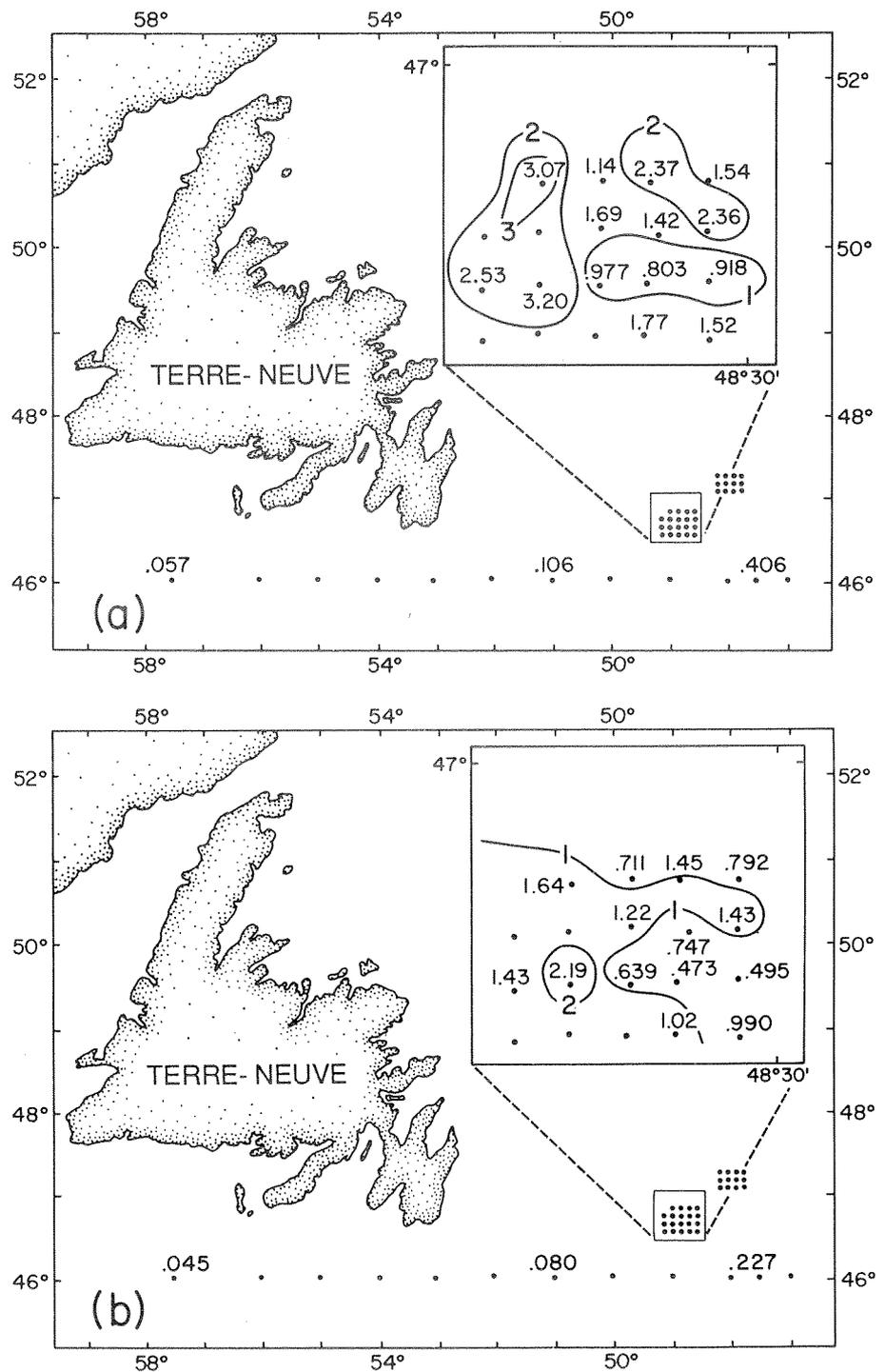


Figure 6. Grille d'étude avec les concentrations (en millimoles par litre) a) des hydrocarbures volatils totaux et b) du méthane dans les sédiments meubles de la région des Grands Bancs.

à un écoulement de l'eau de surface dans une direction sud-sud-ouest. Il semble donc que l'industrie pétrolière, même avec son faible niveau d'activité d'avril 1981, avait déjà un effet repérable sur la concentration de résidus dissous ou dispersés de pétrole dans la microcouche superficielle.

Les concentrations de résidus dissous ou dispersés de pétrole dans la *colonne d'eau* allaient de 0,05 (limite de détec-

tion 0,01) à 4,05 $\mu\text{g}/\text{L}$, la plupart des mesures se situant dans la portion inférieure de la fourchette (10 seulement des 234 mesures dépassaient 1 $\mu\text{g}/\text{L}$). La plupart des valeurs les plus élevées se retrouvaient le long de la ligne du sud et, dans la majorité des cas, dans la couche supérieure de 20 m. La concentration ambiante calculée pour les diverses zones semble montrer une valeur un peu plus élevée pour le

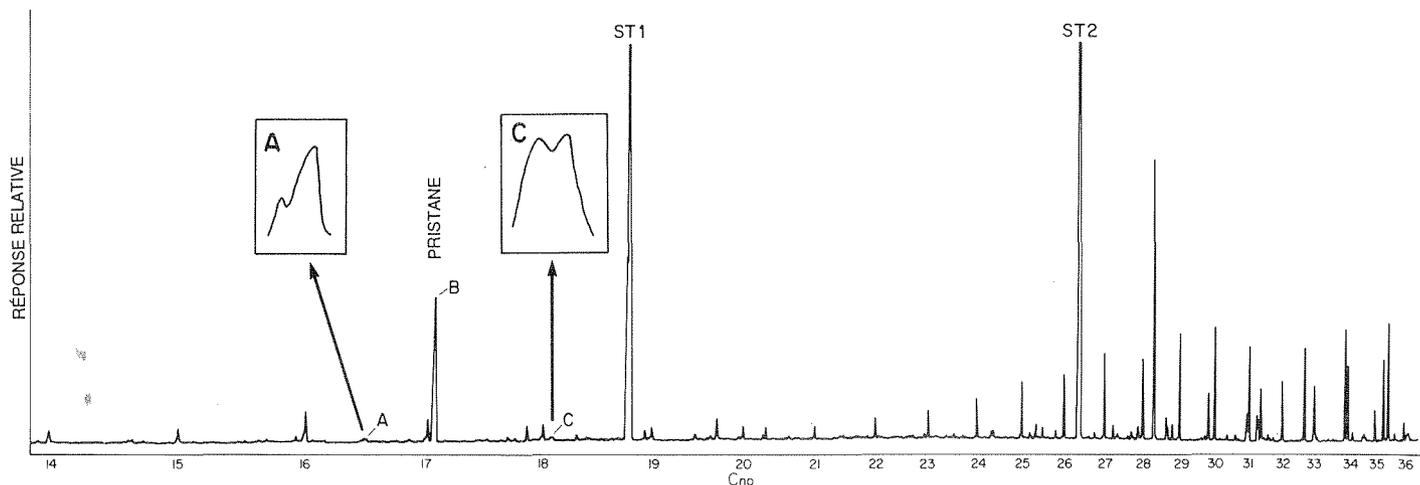


Figure 10. Analyse chromatographique en phase gazeuse d'hydrocarbures saturés provenant du chenal Laurentien. Les encarts montrent les stéréoisomères a) du norpristane et c) du phytane. ST1 et ST2 représentent deux étalons internes (1-chlorohéxadécane et tricosanoate de méthyle). Conditions de l'analyse : colonne de 20 m (0,14 mm d.i., épaisseur de la pellicule de OV T3 de 0,125 μ m) de verre Duran. Injection splitless à période de 2 minutes. La température programmée était de 50°C avec augmentation de 1°C par minute jusqu'à 160°C puis de 2°C par minute jusqu'à 340°C.

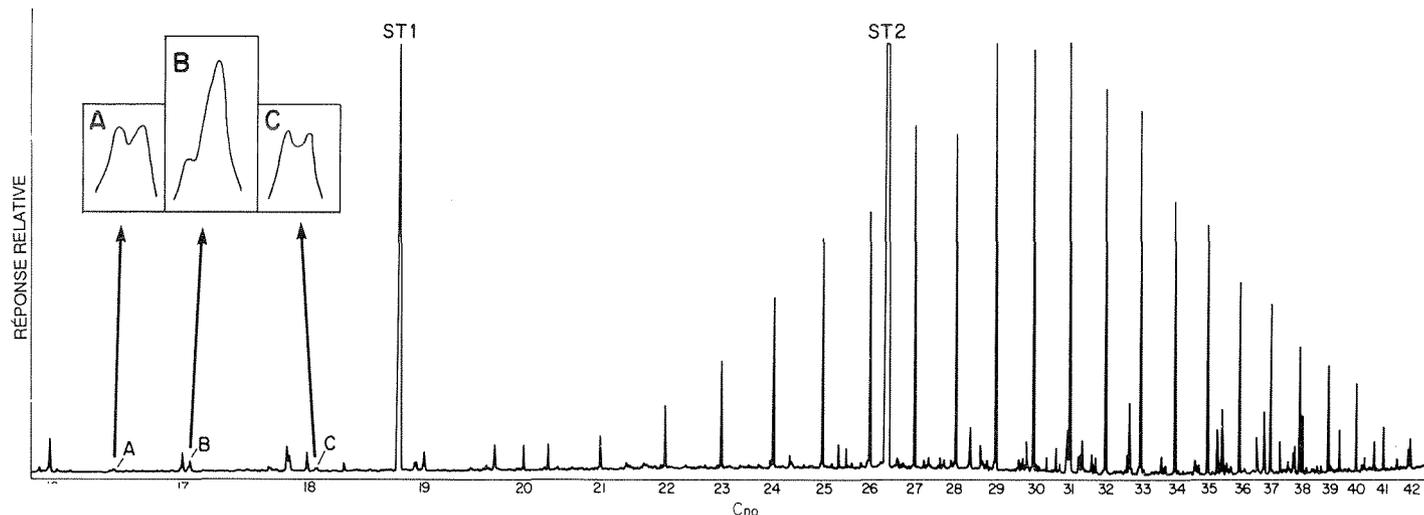


Figure 11. Analyse chromatographique en phase gazeuse des hydrocarbures saturés du site Hibernia. Les encarts montrent les stéréoisomères a) du norpristane, b) du pristane et c) du phytane. Voir les conditions de l'analyse à la figure 10.

correspondant à deux groupes de diastéréoisomères partiellement séparés. Dans le cas présent (figures 10 et 11), les pics correspondant au norpristane et au phytane, relevés dans le chenal Laurentien et à Hibernia, présentaient les doublets typiques des hydrocarbures isoprénoides fossiles. Étant donné que la hauteur des doublets est la même, on considère que le norpristane et le phytane proviennent simplement de la diagenèse du matériau précurseur biogénique, sans contribution repérable de substances récemment biosynthétisées. Toutefois, dans le cas du pristane, la hauteur du second pic dépasse nettement celle du premier. Ce dépassement est interprété comme le signe de la composante biogénique

récente dérivée de la sécrétion du zooplancton herbivore (c.-à-d. le sous-produit de la digestion des molécules de chlorophylle présentes dans le phytoplancton). Il est donc évident qu'on relève une pollution due aux hydrocarbures fossiles dans le chenal Laurentien comme à Hibernia, et le pic particulier que présente le pristane indique l'apport des hydrocarbures d'origine biogénique à l'ensemble des hydrocarbures d'origine biogénique à l'ensemble des hydrocarbures présents aux deux sites.

En examinant les concentrations totales des alcanes à chaîne ramifiée et cycliques (représentées par les petits pics qui apparaissent entre ceux des alcanes normaux), la concentration totale des

alcanes n -C₁₅ à n -C₂₀ et n -C₂₁ à n -C₃₄, des isoprénoides, et des hydrocarbures polyinsaturés, Gassman et Pocklington (1984) ont réparti les hydrocarbures présents dans les échantillons en fonction de leur origine, déterminée ou probable, fossile ou biogénique. Alors que la concentration totale d'hydrocarbures au site Hibernia était environ deux fois plus élevée que dans le chenal Laurentien, un peu plus d'un tiers du total au premier site et un peu moins d'un tiers au deuxième sont considérés comme d'origine fossile. Toutefois, au site Hibernia, la composante fossile « déterminée » dépassait nettement la composante biogénique « déterminée », alors que c'était le contraire au site du chenal Laurentien.

Conclusion

Les résultats de l'étude démontrent que, en 1981, la concentration ambiante, dans les eaux et les sédiments de la région des Grands Bancs, des substances apparentées au pétrole, hydrocarbures volatils à faible poids moléculaire et hydrocarbures aliphatiques et aromatiques à poids moléculaire plus élevé, était parmi les plus faibles qui aient été relevées dans tout l'est du Canada, même dans les régions éloignées de l'Arctique. Toutefois, les résultats ont aussi montré à l'évidence, qualitativement et quantitativement, que l'industrie pétrolière a déjà des effets faibles mais repérables sur la faible concentration ambiante de résidus de pétrole dans la microcouche de surface, dans la colonne d'eau et dans les sédiments du fond. Il est encore trop tôt pour manifester une inquiétude au sujet de l'environnement, mais on peut craindre pour l'avenir.

Dans cette région actuellement vierge, même si aucune catastrophe ne se produit, la prospection et la production qui s'ensuivra ne pourront que faire augmenter la pollution. Les gouvernements, le législateur et l'industrie pétrolière sont confrontés à un défi de taille s'ils veulent que l'exploitation des ressources pétrolières des Grands Bancs n'affecte pas l'environnement au point de nuire à la pêche.

Références

BERNARD, B., BROOKS, J.M. et SACKETT, W.M. 1977. A geochemical model for characterization of hydrocarbon gas sources in marine sediments. Dans Proceedings of the Ninth Annual Offshore Technology Conference, May 2-5, 1977, Houston, Texas : 435-488.

GASSMAN, G. et POCKLINGTON, R. 1984. Hydrocarbons in waters adjacent to an oil exploratory site in the western North Atlantic, *Environmental Science and Technology* 18 : 869-872.

LAMONTAGNE, R.A., SWINNERTON, J.W. LINNENBOOM, B.J. et SMITH, W.D. 1973. Methane concentrations in various marine environments. *Journal of Geophysical Research* 78 : 5317-5323.

LEVY, E.M. 1980. Background levels of petroleum residues in Baffin Bay and the Eastern Canadian Arctic : role of natural seepage. Dans *Petroleum and the Marine Environment*. London, Graham and Trotman Ltd. : 345-362.

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. 1985. Background levels of dissolved/dispersed petroleum residues in the Gulf of St. Lawrence 1970-1979. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42 : 544-555.

LEVY E.M. Sous presse. Background levels of petroleum residues in the waters and surficial bottom sediments of the Labrador Shelf and Hudson Strait/Foxe Basin regions. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42.

LEVY, E.M. et WALTON, A. 1976. High seas oil pollution : Particulate petroleum residues in the North Atlantic. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 33 : 2781-2971.

Glacé de mer et icebergs

S.D. Smith et G. Symonds

Les trois dernières années (1983-1985) ont été marquées par de fortes accumulations de glace. La présence de glace et d'icebergs a ralenti l'exploration pétrolière sur les plates-formes continentales des Grands Bancs et de Terre-Neuve, et démontré la nécessité de disposer de prévisions plus fiables afin que les activités hauturières soient moins dangereuses et plus efficaces. La gamme de prévisions nécessaires, qui devra couvrir des périodes de quelques heures à plusieurs mois, est vaste : de la présence d'un iceberg et de sa trajectoire prévue, à la formation, au mouvement et à la déformation de la glace de mer sur tout le nord-est de la plate-forme de Terre-Neuve. Les modèles numériques qui sont conçus à l'heure actuelle au Laboratoire océanographique de l'Atlantique faciliteront grandement le travail de prévision.

Des modèles de dérive des icebergs peuvent se fonder sur deux approches distinctes : l'approche statistique, application de connaissances statistiques générales concernant les caractéristiques de la dérive des icebergs de la région,

et l'approche dynamique, calcul de l'équilibre des forces agissant sur un iceberg et de l'accélération, intégrée deux fois pour donner la vitesse et la position. Chacune de ces approches a cependant ses limites; comme l'approche statistique (voir par exemple Garrett, 1984) ne s'occupe pas de prévoir les variations des courants et des vents, le modèle ne tient pas compte des effets de ces variations, sauf sous forme d'incertitude statistiquement prévisible de la vitesse de dérive et de la position. Les modèles dynamiques, par ailleurs, sont fondés sur la connaissance précise des variations des vents et des courants, et du tirant d'eau et de la superficie en coupe d'un iceberg, renseignements qui ne sont généralement pas disponibles dans le cadre de situations d'exploitation.

Les modèles de dérive à l'équilibre représenteraient une troisième approche dans laquelle on suppose qu'un iceberg suit le courant en prenant une certaine fraction de la vitesse du vent et qu'il est dévié vers la droite sous l'effet de la force de Coriolis. Les résultats de ce modèle sont semblables

à ceux obtenus par les modèles dynamiques, dans les cas où la réponse de l'iceberg aux variations de courant et de vent est suffisamment rapide pour n'avoir que très peu d'effet transitoire. Le temps de calcul des vitesses de dérive à l'équilibre étant beaucoup plus court que dans le cas du modèle dynamique, il vaut la peine d'évaluer le temps de réponse de l'iceberg pour déterminer la gamme de circonstances pour lesquelles il suffirait d'utiliser le modèle de dérive à l'équilibre.

Un modèle dynamique de dérive des icebergs (Smith et Banke, 1983) a été conçu à l'IOB et vérifié a posteriori (à partir de phénomènes connus) avec des données sur les courants, les vents et les trajectoires de dérive des icebergs, fournies par des plate-formes de forage sur la côte est du Canada. Ce modèle calcule la résistance due à l'eau et au vent, applique une force de Coriolis et une force gravitationnelle due à l'inclinaison géostrophique de la surface de la mer, modifie les coefficients de résistance de l'air et de l'eau pour obtenir un ajustement optimal (méthode des moindres carrés) de la trajectoire modélisée et de la trajectoire observée. Banke et Smith (1984) ont appliqué ce modèle à un grand nombre de données fournies par des

plates-formes de forage et ont pu déterminer le temps de réponse à des variations du vent (moins d'une heure dans la plupart des cas) et les valeurs des coefficients de résistance nécessaires pour obtenir un ajustement optimal entre les trajectoires prévues et observées. Pour connaître les conséquences du non-remorquage des icebergs, nous avons modélisé les trajectoires de 12 icebergs remorqués sur une portion de leur déplacement étudié, puis nous avons retiré du modèle les forces de remorquage pour simuler la trajectoire en cas de non-remorquage. Dans deux des cas, il aurait fallu déplacer les plates-formes de forage pour éviter la collision avec un iceberg mais, dans près de la moitié des cas, l'iceberg serait passé plus loin de la plate-forme s'il n'avait pas été remorqué.

Les données sur les courants, recueillies à une plate-forme de forage, ne conviennent pas à la modélisation des trajectoires d'icebergs, pour deux raisons principales. D'abord, les trajectoires simultanées de deux icebergs présentent des différences significatives, à cause probablement de variations dans les courants, lorsque l'éloignement est supérieur à 10 km environ (Garrett *et al.*, 1985). Ensuite, les données ont été recueillies à une ou deux profondeurs seulement, et la variation des courants en fonction de la profondeur ne pouvait être proprement considérée pour le calcul des forces de résistance qui s'exercent dans l'eau. Le manque de données fiables sur le profil des courants à proximité des icebergs a limité la mise au point de modèles dynamiques de la dérive, mais Sodhi et El-Tahan (1980) ont modélisé avec succès la trajectoire d'un iceberg à partir de profils des courants obtenus grâce à des courantomètres mouillés à proximité.

Dans le cadre d'un programme expérimental réalisé avec l'appui du Bureau de recherche et développement énergétiques durant trois expéditions (83-018, 84-023 et 85-008) du nsc *Dawson*, nous avons recueilli des données sur la dérive de dix icebergs de taille et de forme très variées. Le navire, en station à un ou deux km de l'iceberg, était équipé de nouveaux profileurs acoustiques Ametek, qui ont permis de mesurer en détail le profil des courants. Cette technique a produit des

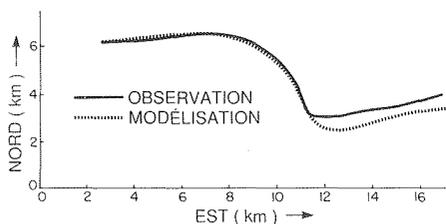


Figure 1. Position, relevée heure par heure, d'un petit iceberg pointu, dans le détroit de Belle Isle, de 0500 à 1700 GMT le 24 juin 1983. L'iceberg avançait de gauche à droite (c.-à-d. vers l'est)

données, avec un degré de détail jamais atteint, sur la variation des courants en fonction de la profondeur; leur examen sommaire montre à quel point les mesures effectuées à une ou deux profondeurs ont peu de sens.

Une version multicouches de notre modèle dynamique de dérive des icebergs a été conçue et testée à l'aide de certaines des données obtenues en 1983. La figure 1 présente la trajectoire observée et la trajectoire modélisée d'un petit iceberg, qui apparaît à la figure 2. L'iceberg a dérivé sur 15 km durant la période d'étude, et le modèle a réussi à reproduire la trajectoire observée avec une erreur quadratique moyenne de 0,5 km. Les données obtenues lors des expéditions de 1984 et 1985 sont analysées à l'heure actuelle (septembre 1985), et l'élaboration du modèle a posteriori se poursuit. Lorsque des prévisions localisées

des courants seront au point, il sera possible d'appliquer ce modèle en mode prévisionnel. Il se peut que soit mis au point un modèle dynamique/statistique qui permettrait de traiter statistiquement les données qui ne peuvent l'être par modélisation dynamique.

Alors que, pour les icebergs, il s'agit de prévoir le mouvement d'un seul individu, pour la glace de mer, les prévisions concernent un champ de glace qui se compose d'un grand nombre de floes de forme et de taille diverses. Le mouvement d'un seul floe n'est important que dans la mesure où il est représentatif du mouvement de toute la banquise. C'est pourquoi la modélisation du mouvement de la glace de mer diffère sous deux aspects de la modélisation du mouvement des icebergs. D'abord, le mouvement de la glace de mer est régi par le vent et les courants, mais également par des forces qui s'exercent au sein de la banquise elle-même et qui sont causées par les interactions entre les floes. Par exemple, la glace de mer répond à la compression par la formation de crêtes, créant ainsi de la glace plus épaisse donc plus résistante à la compression; en revanche, des chenaux peuvent se former lorsqu'il y a divergence de la glace. Ensuite, les forces thermodynamiques déterminent en partie le bilan global et la distribution de l'épaisseur du champ

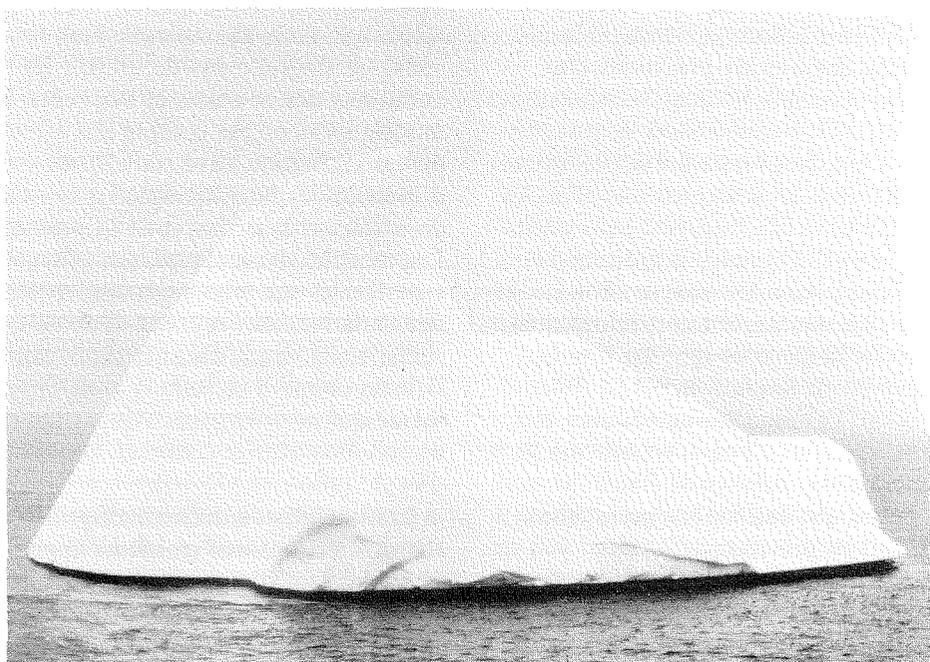


Figure 2. Petit iceberg suivi dans le détroit de Belle Isle le 24 juin 1983 (masse : 85 000 tonnes; tirant d'air : 19 m; longueur : 66 m; tirant d'eau : 54 m).

de glace. En hiver, le refroidissement atmosphérique entraîne la formation de nouvelles glaces dans les chenaux ou en-dessous des floes alors qu'au printemps et en été, les flux de chaleur océanique et le réchauffement atmosphérique entraînent la fonte de la glace.

Dans le cadre du programme sur la glace de mer du Laboratoire océanographique de l'Atlantique (LOA), la recherche en modélisation de la glace de mer se poursuit avec les approches statistique et dynamique. Colony et Thorndike (1985) ont décrit un modèle statistique du mouvement de la glace de mer où la trajectoire d'un floe a été modélisée selon un « trajet aléatoire ». L'ensemble de toutes les trajectoires possibles permet de répondre à des variations de la question suivante : si une particule se trouve en R à l'instant t, quelle est la probabilité qu'elle se trouve en R' à l'instant t'? Ce modèle a également été appliqué à la modélisation de trajectoires de la glace de mer dans la mer du Groenland (Colony *et al.*, 1985), région semblable sous de nombreux aspects à la zone nord-est de la plate-forme continentale de Terre-Neuve sur laquelle il existe à l'heure actuelle trop peu de données pour que le modèle soit utilisable. Contrairement aux modèles dynamiques, ce modèle permet de faire des prévisions à moyen et à long terme avec une probabilité dont l'erreur est connue. Il présente toutefois un désavantage en ce qui concerne les prévisions d'exploitation : quelques échelons temporels (un mois) suffisent pour que la variabilité naturelle des trajectoires entraîne une dispersion de la distribution de probabilité sur une vaste région.

La figure 3 montre les trajectoires de bouées repérées par satellite et déposées sur la glace au large de Nain et de Makkovik (Labrador), en janvier et février 1985. La position de ces bouées a été notée environ dix fois par jour. Au cours de l'hiver, les bouées ont été soumises à une dérive littorale moyenne de 20 cm/s. Des 11 bouées utilisées, deux se sont écartées de la banquise principale et ont atteint la mer du Labrador, où la glace fond rapidement, une a traversé le détroit de Belle Isle pour atteindre le golfe du Saint-Laurent, une s'est échouée sur une île au large de Nain et les sept

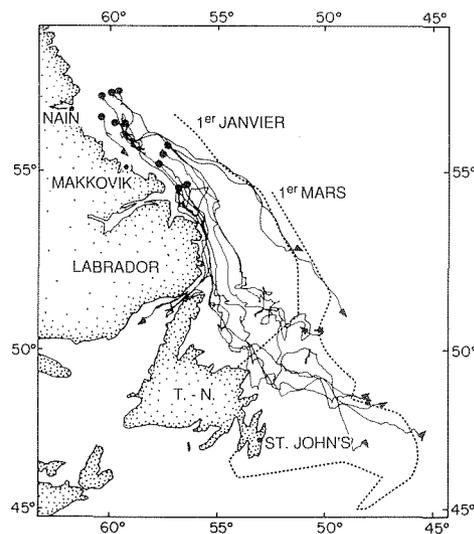


Figure 3. Trajectoires des bouées déposées sur la glace entre janvier et avril 1985. Les cercles noirs représentent les points de départ et les flèches indiquent la direction du mouvement à la fin du parcours. Les lignes discontinues représentent l'étendue de la banquise le 1^{er} janvier et le 1^{er} mars.

autres ont dérivé vers le sud et les Grands Bancs pour finalement atteindre l'eau libre à l'est et au nord-est des Bancs. Bien qu'elle n'ait pas produit suffisamment de données pour permettre de faire des évaluations statistiquement valables, cette étude a cependant permis d'illustrer la trajectoire moyenne des floes et sa variabilité au-dessus du nord-est de la plate-forme continentale de Terre-Neuve. Ce programme devrait se poursuivre durant les prochaines années et ainsi permettre d'obtenir des évaluations statistiquement fiables de la dérive moyenne de la glace de mer et de sa variabilité dans toute la région illustrée par la figure 3.

La dispersion de la distribution des probabilités peut être diminuée par l'introduction d'une composante connue de la variabilité qui peut être prévue de manière déterministe. Par exemple, la composante de la marée peut être prédite et soustraite des fluctuations aléatoires. Sur une période de deux jours, les modèles déterministes du mouvement de la glace de mer donnent des prévisions qui ne peuvent être meilleures que les paramètres qui ont servi à les obtenir. Pour des périodes plus longues, les modèles déterministes peuvent être utilisés a posteriori pour aider à identifier les principaux facteurs de la variabilité du mouvement des glaces. Un modèle dynamique/thermodynamique décrit par Hibler (1979)

a été appliqué au nord-est de la plate-forme continentale de Terre-Neuve dans le but de modéliser les cycles saisonniers d'avancée et de recul de la glace de mer. Nous aimerions notamment connaître les principaux facteurs qui déterminent la quantité de glace pour une année donnée. Les forces thermodynamiques sont particulièrement importantes, étant donné que dans la zone à l'étude, toute la glace finit par fondre chaque année. Des modèles du bilan du rayonnement à l'interface atmosphère-glace fournissent des évaluations des vitesses de formation et de fonte de la glace de mer en fonction du refroidissement et du réchauffement atmosphériques. Dans la zone à l'étude, des variations spatiales des forces thermiques et l'advection de la glace entre des régions dont les bilans de chaleur et de masse sont très différents, viennent se superposer aux processus thermodynamiques. Des trajectoires décrites à la figure 3, deux illustrent le déplacement par advection jusque dans la mer du Labrador, où des températures moins basses ont tôt fait de faire fondre la glace. Enfin, la croissance de la glace et l'échange de chaleur sont très influencés par l'épaisseur de la glace, soumise à la déformation causée par les variations spatiales du champ de vitesse de la glace et responsable de l'apparition de crêtes et de chenaux.

Il est nécessaire de mettre au point un modèle atmosphère-glace-océan pour obtenir des prévisions fiables et, comme pour la modélisation des trajectoires des icebergs, un modèle dynamique/statistique semble être la meilleure technique. Nous devons recueillir beaucoup plus de données sur la formation, le mouvement et la déformation de la glace de mer pour vérifier les modèles et pour disposer d'autres paramètres dans les modèles de prévision. La fiabilité d'une prévision ne peut être plus grande que la qualité des données qui ont été utilisées comme paramètres, et il faudra maintenir un réseau détaillé de mesure afin d'obtenir les données nécessaires sur l'atmosphère, la glace et la mer.

Références

- BANKE, E.G. et SMITH, S.D. 1984. A hind-cast study of iceberg drift on the Labrador coast. Rapport technique canadien sur l'hydrographie et les sciences océaniques n° 49.

COLONY, R. et THORNDIKE, A.S. 1985. Sea ice motion as a drunkard's walk. *Journal of Geophysical Research* 90 : 965-974.

COLONY, R., MORITZ, R.E. et SYMONDS, G. 1985. Random ice trajectories in the Greenland Sea. Dans Proceedings of the 8th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions, POAC 85, Narsavssuaq, Greenland, 1985.

GARRETT, C.J.R. 1984. Statistical prediction of iceberg trajectories. *Iceberg Research* 1(7) : 3-7.

GARRETT, C.J.R., MIDDLETOWN, J., HAZEN, M. et MAJAESS, F. 1985. Tidal currents and eddy statistics from iceberg trajectories off Labrador. *Science* 227 : 1333-1335.

HIBLER, W.D., III. 1979. A dynamic-thermodynamic sea ice model. *Journal of Physical Oceanography* 9 : 815-846.

SMITH, S.D. et BANKE, E.G. 1983. The influence of winds, currents, and towing force on the drift of icebergs. *Cold Regions Science and Technology* 6(3) : 241-255.

SODHI, D.S. et EL-TAHAN, M. 1980. Prediction of an iceberg drift trajectory during a storm. *Annals of Glaciology* 1 : 77-82.

Courants moyens et courants variables dans les eaux des Grands Bancs

B.D. Petrie

Le 14 avril 1912, le *Titanic* heurtait un iceberg au sud des Grands Bancs de Terre-Neuve et coulait, entraînant ainsi la mort de 1 513 personnes. Cette catastrophe a amené la création du Service international de recherche des glaces, chargé de protéger les transatlantiques contre la menace des glaces et des icebergs de l'Arctique. Ce service se proposait d'observer les icebergs et d'effectuer des études sur l'océanographie et la météorologie de la baie de Baffin, de la mer du Labrador et des plates-formes continentales sur la côte est du Canada; l'étude du courant du Labrador à proximité des Grands Bancs de Terre-Neuve comptait parmi les priorités.

C'est D.J. Matthews qui, en 1913, à bord du vapeur *Scotia*, effectua la première étude systématique des eaux des Grands Bancs et des zones avoisinantes.

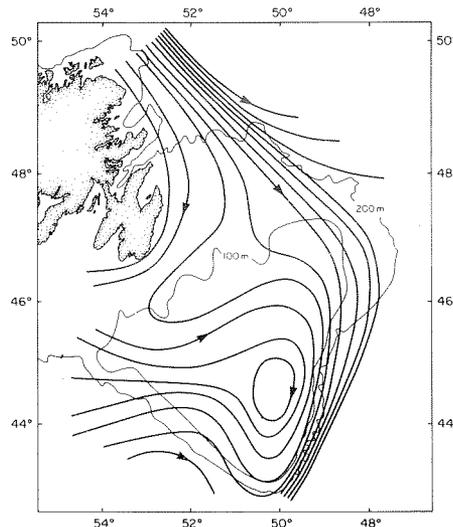


Figure 1. Circulation primaire au-dessus des Grands Bancs, selon la description de Smith et al. (1937).

Voici quelques-unes des principales conclusions de son étude : 1) le courant du Labrador se divise en trois bras juste au nord des Grands Bancs : le bras ouest suit le chenal d'Avalon et contourne le cap Race; le bras principal, celui du centre, longe la bordure est des Grands Bancs; le bras est se dirige vers l'est et passe au nord du Bonnet Flamand; 2) dans la région des Grands Bancs, il n'y a pas de courant dominant; la circulation générale semble se résumer à un lent courant de dérive vers le sud-est; et 3) les vitesses du courant du Labrador sont généralement faibles.

Smith *et al.* (1937) ont poursuivi, tout en le quantifiant, le travail commencé par Matthews et ont produit une carte de la circulation primaire dans les eaux des Grands Bancs à partir de l'interprétation de mesures de la température et de la salinité (figure 1). Le bras occidental du courant suit le chenal d'Avalon et tourne vers l'ouest en longeant le rivage. Près du méridien 55°O, le courant s'oriente vers l'est et se dirige vers le bras principal qui longe la bordure orientale de la plate-forme continentale. Lorsqu'il atteint ce bras, le courant se dirige vers le sud puis vers l'ouest le long du rebord de la plate-forme, produisant un tourbillon en sens horaire au-dessus de la région sud-est des Grands Bancs à 44°30'N, 50°O. D'après des estimations de Smith *et al.*, le débit du bras côtier (occidental) du courant du Labrador serait de $0,4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$ et celui des autres bras de $2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$, aussi bien dans le chenal des Icebergs (passage Flemish) qu'au nord du Bonnet Flamand. Tous les courants présentent une très grande variabilité.

Les travaux de Smith *et al.* sont encore aujourd'hui autorité pour tous les programmes d'océanographie physique menés dans la région. Ces travaux sont particulièrement utiles dans le cas d'études de la circulation moyenne dans

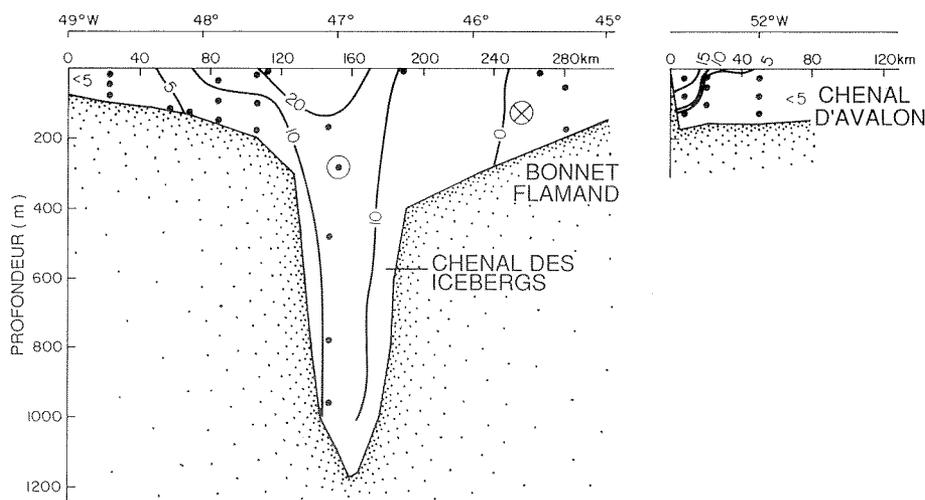


Figure 2. Courbes du courant au Bonnet Flamand et le chenal d'Avalon, à partir des données recueillies avec des courantomètres et des bouées dérivantes. Le cercle contenant un point représente l'écoulement allant de la page vers le lecteur, le cercle contenant un X, l'écoulement allant du lecteur vers la page.

la région des Grands Bancs, mais le sont moins pour l'étude des courants variables.

Données récentes sur la circulation moyenne

Depuis 1937, le Service international de recherche des glaces poursuit le programme de collecte des données dans la région des Grands Bancs en mettant l'accent sur le bras océanique du courant du Labrador. Dans le cadre de ce programme et de programmes semblables menés par des sociétés pétrolières, des universités et des organismes gouvernementaux, des bouées dérivantes repérées par satellite et des courantomètres ont été utilisés (Petrie et Anderson, 1983). Les bouées sont munies d'une large drogue et se déplacent ainsi avec les courants dans les 20 m supérieurs de la colonne d'eau. Les courantomètres sont fixes sur un mouillage et peuvent mesurer la vitesse, la direction, la température et la salinité des courants. La région des Grands Bancs est cependant si vaste qu'une petite partie seulement en a été étudiée à l'aide de ces instruments. La plus grande série de mouillages est localisée dans une zone qui s'étend à peu près le long du 47° parallèle nord dans le chenal des Icebergs et au large de St. John's dans le chenal d'Avalon. La zone de plus de 200 km qui s'étend entre ces deux points, tout comme la plus grande partie de la région des Grands Bancs, n'a pas fait l'objet de mesures.

La figure 2 illustre les données fournies par les courantomètres et les caractéristiques des courants mesurées par bouées dérivantes pour les bras du courant du Labrador qui suivent le chenal des Icebergs (bras océanique) et le chenal d'Avalon (bras côtier); ce dernier transporte une quantité d'eau beaucoup plus grande que le premier. D'innombrables levés hydrographiques et l'observation des trajectoires de nombreuses bouées dérivantes ont montré que le noyau du courant océanique est situé au-dessus de l'abrupte pente continentale et non au-dessus de l'isobathe de 100 m, comme l'avaient révélé les travaux de Smith *et al.* Plus au sud, un appareil fixé sur un mouillage à l'isobathe de 490 m a relevé une vitesse moyenne de 46 cm/s calculée sur 80

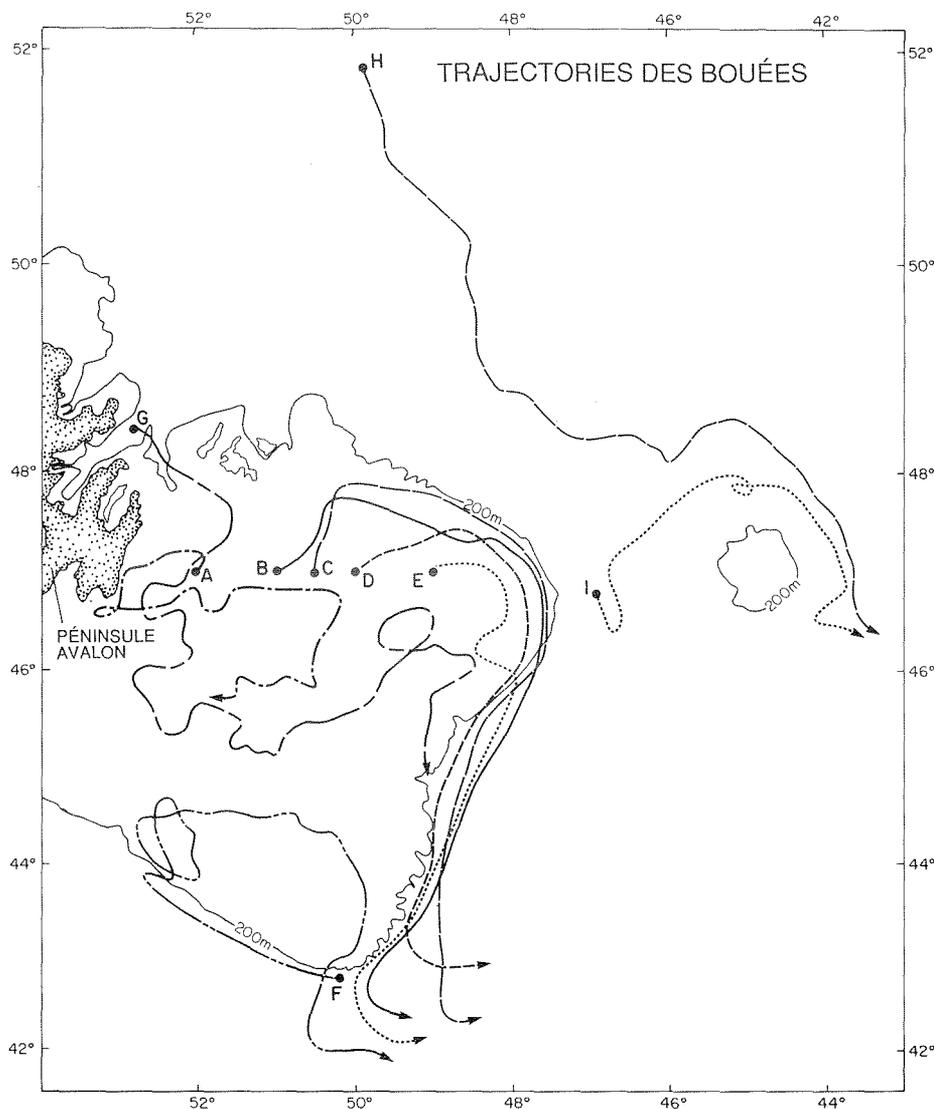


Figure 3. Trajectoires des neuf bouées dérivantes suivies par satellite sur les Grands Bancs.

jours à 110 m de profondeur. De plus, alors que la vitesse moyenne de l'écoulement près de la surface le long de la bordure est des Grands Bancs, calculée à partir de toutes les trajectoires des bouées, est d'environ 30 cm/s, certaines bouées ont présenté des valeurs moyennes de 85 cm/s sur ce parcours, ce qui ne saurait représenter un écoulement faible tel que celui décrit par Matthews. La figure illustre également un écoulement dirigé vers le nord du côté ouest du chenal des Icebergs — caractéristique reconnue depuis les travaux de Smith *et al.* Le bras côtier du courant du Labrador semble longer étroitement la côte.

Il serait nécessaire de disposer d'un grand nombre de mouillages pour pouvoir déterminer la configuration des courants dans la région des Grands Bancs. Il est également utile de tracer les trajectoires des bouées dérivantes

pour déterminer la variabilité spatiale des courants, étant donné que ces trajectoires pourraient correspondre à celles des parcelles d'eau. La figure 3 représente certaines trajectoires des bouées lâchées en 1984-1985 qui répondent à diverses caractéristiques notées par Smith *et al.* Par exemple, les bras du courant du Labrador qui suivent le chenal des Icebergs et passent au nord du Bonnet Flamand sont illustrés par les trajectoires B-E, H et I. La trajectoire de la bouée dérivante F reflète peut-être l'écoulement en sens horaire autour de la portion sud-est des Grands Bancs. La bouée F est également l'une des seules à se diriger vers l'ouest après avoir atteint la Queue du Grand Banc, alors que la plupart des autres bouées obliquent vers l'est à cet endroit. Il ne semble cependant pas exister de bras côtier bien défini, et certains détails des tra-

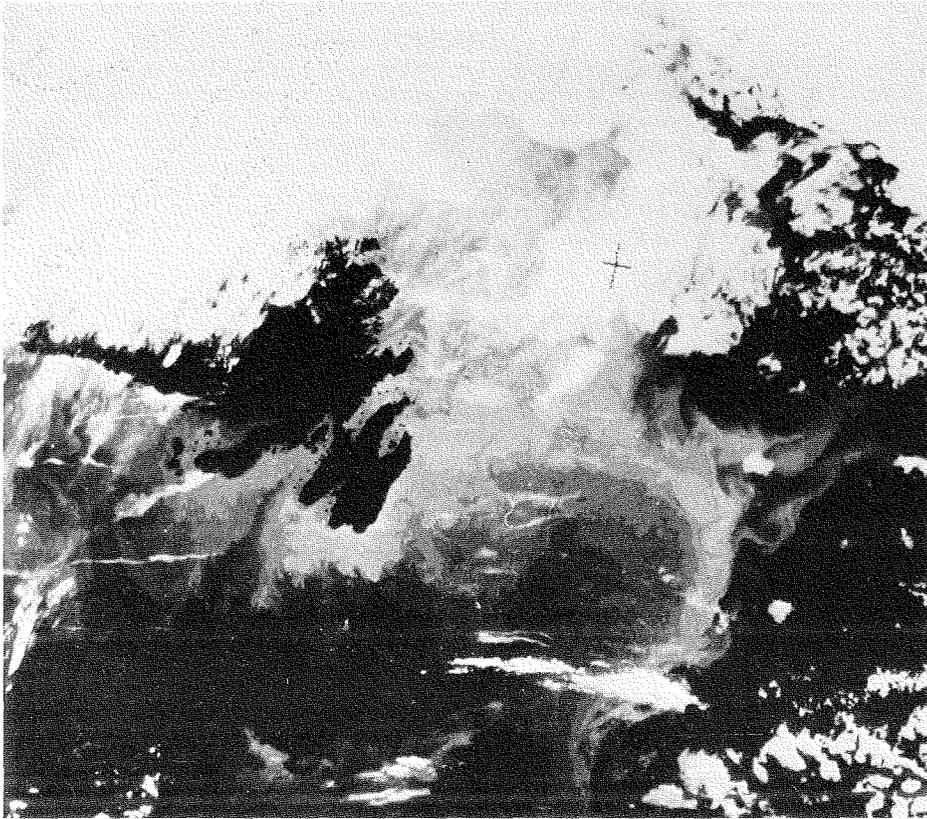


Figure 4. Cette image satellitaire dans l'infrarouge montre la température de la surface de la mer dans la région des Grands Bancs; les zones claires correspondent aux températures les plus basses.

jectoires observées contredisent parfois les observations de Smith *et al.* En règle générale, les courants moyens sont relativement peu rapides et ne dépassent pas quelques centimètres par seconde. Les bouées ont tendance à demeurer longtemps au même endroit; en effet, l'une d'elles est restée 205 jours au même endroit avant d'être entraînée par le bras océanique du courant du Labrador.

Courants variables

Une certaine partie de la complexité du mouvement des bouées dérivantes peut s'expliquer par la présence de courants à variabilité temporelle. Les

processus qui pourraient contribuer à la variabilité sont, entre autres, des modifications de la circulation dues à un apport d'eau douce, des variations saisonnières du temps, des tempêtes, des instabilités dans les divers bras du courant du Labrador, et les marées. Plusieurs de ces processus agissent peut-être de concert pour produire la structure complexe des températures qui apparaît, photographiée dans l'infrarouge, à la figure 4. Sur cette image prise en avril 1983 apparaît clairement la séparation du courant du Labrador au Bonnet Flamand. Le courant présente également des tourbillons, reflétant une variabilité spatiale à petite échelle, qui pourrait être asso-

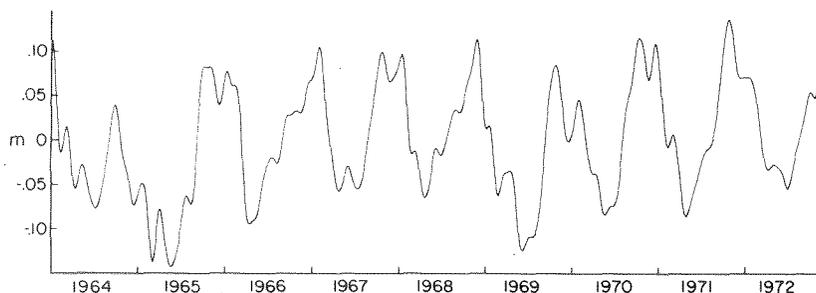


Figure 5. Variabilité annuelle et interannuelle du niveau compensé de la mer à St. John's (Terre-Neuve).

ciée à des instabilités de l'écoulement moyen. Le bras côtier est également caractérisé par une certaine variabilité semblable à celle du bras océanique. Ces deux bras semblent entourer les Grands Bancs. Les tourbillons représentent peut-être une forme d'échange de l'eau entre la région de la plate-forme et celle de la pente continentale. En effet, d'après une étude récente du bilan salin et des populations d'icebergs, effectuée dans la région des Grands Bancs et du courant du Labrador, cet échange d'eau à la faveur des tourbillons serait un processus important dans la distribution de ces propriétés.

Les vents peuvent également avoir un effet marqué sur les courants dans la zone des Grands Bancs par action directe dans la « bande de tempête » qui revient tous les trois à dix jours et par production de mouvements inertiels (durée d'environ 16 heures). Une comparaison des écoulements moyens et variables dans les eaux des Grands Bancs mesurés par bouée dérivante suivie par satellite indique que les courants variables sont généralement trois fois plus puissants que les courants moyens; au site d'exploitation pétrolière Hibernia, cette valeur peut atteindre 10. Donc, si par exemple il est question de déterminer la trajectoire d'un iceberg durant les quelques jours à venir, il peut être plus important de pouvoir prévoir l'écoulement à variabilité temporelle que de connaître l'écoulement moyen. Cependant, la prédiction des courants dus aux vents présuppose la capacité de prévision des vents, ce qui en soi est difficile et ne donne pas de résultats toujours fiables. À l'heure actuelle, nous nous penchons sur des modèles de prévision a posteriori des courants de vents qui permettent la vérification des modèles et l'examen des tempêtes de pire cas, en vue d'une application aux problèmes d'exploitation des ressources marines.

Les courants de marée, qui sont produits par l'action sur l'océan de forces gravitationnelles bien connues, peuvent donc être prédits avec plus de précision. Ces dernières années, les sociétés pétrolières et l'IOB ont produit de bons modèles des marées pour les eaux des Grands Bancs.

En plus de la variabilité à court terme dont il a été question jusqu'ici,

il existe de fortes preuves indiquant que la variabilité saisonnière et interannuelle modifie de façon significative les propriétés de l'eau dans la zone des Grands Bancs. C'est ce que reflètent, entre autres, les fluctuations à basse fréquence du niveau de la mer près de St. John's (figure 5). Sur ce diagramme qui couvre une période de neuf ans, les variations régulières sur un an et les variations interannuelles apparaissent clairement. Ces variations seraient reliées à l'apport annuel d'eau douce qui provient surtout du Labrador et de l'Arctique canadien. D'après des mesures effectuées dans le chenal d'Avalon

(voir la moyenne à la figure 2), le débit varie d'environ $0,3 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$ en juillet et août à environ $0,6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$ après l'arrivée de la principale composante de l'écoulement en septembre et en octobre. Toutefois, ces mesures effectuées sur un seul cycle présentent une variabilité significative et l'augmentation importante du volume d'eau n'est peut-être pas tout à fait réaliste.

Dans la région des Grands Bancs, la structure complexe des courants moyens et des courants variables sur les plans spatial et temporel résulte de l'interaction entre de nombreux processus. L'utilisation, ces dernières années, de

nouveaux instruments océanographiques a permis d'améliorer la connaissance de l'écoulement moyen et d'évaluer les processus qui régissent les courants variables. Les efforts se poursuivent dans cette direction.

Références

- PETRIE, B. et ANDERSON, C. 1983. Circulation on the Newfoundland continental shelf. *Atmosphere-Ocean* 21 (2) : 207-226.
- SMITH, E., SOULE, F. et MOSBY, O. 1937. The Marion and General Greene expeditions to Davis Strait and the Labrador Sea. *Bulletin of the United States Coast Guard* 19 : 259 p.

Biologie

Les Bancs de Terre-Neuve sont certainement une mine de ressources, renouvelables comme non renouvelables. Les richesses de ses pêcheries sont connues depuis longtemps, et les chercheurs ont récemment démontré sans équivoque le potentiel que présentent les Bancs pour l'extraction de combustibles fossiles. Il est de l'intérêt de tous les Canadiens de tirer un profit maximum de ces deux types de ressources, de gérer les pêches avec efficacité et d'exploiter les hydrocarbures sans nuire au milieu naturel.

Les travaux portant directement sur les stocks de poissons, leur taille, leurs migrations saisonnières et leurs interactions sont confiés au Centre des pêches de l'Atlantique nord-ouest, à St. John's (Terre-Neuve), et nous sommes heureux d'inclure dans ce chapitre un compte-rendu sur ces recherches préparé par deux membres du Centre. À l'Institut, le Laboratoire d'écologie marine s'intéresse au réseau serré d'événements naturels qui conduit à la production de poisson : utilisation de l'énergie solaire par le phytoplancton, transport des matières nutritives vers les eaux de la surface, et passage des composés organiques riches en énergie par tous les échelons du réseau trophique pour atteindre les poissons, les oiseaux et les mammifères présentant un intérêt économique.

Avec l'aide financière du Bureau de la recherche et du développement énergétiques (BRDE), le Laboratoire d'écologie marine a entrepris d'étudier de près la façon dont le pétrole libéré accidentellement dans le milieu marin pourrait affecter ce complexe mécanisme naturel de production de poisson. D'autres chercheurs avaient déjà examiné les effets directs du pétrole sur le poisson, mais le personnel du LEM veut maintenant aller voir de plus près les effets indirects des hydrocarbures sur l'ensemble de l'écosystème. Considérant

le réseau trophique comme un mécanisme complexe, les chercheurs se demandent comment il fonctionne et quels seraient les effets du pétrole sur son fonctionnement.

Comme le montre l'article de K.F. Drinkwater, il est nécessaire de dépasser les limites des Grands Bancs et d'aller chercher très loin les raisons de leur productivité. Cette zone est fortement influencée par le courant du Labrador venu du nord, et les constituants chimiques et biologiques de ce courant sont eux-mêmes dépendants de la quantité d'eau douce qui entre dans la baie d'Hudson et qui en sort. Aussi surprenant que cela puisse paraître, la production de poisson sur les Bancs est influencée par la quantité de précipitations que reçoivent les régions du nord du Manitoba, de l'Ontario et du Québec. Pour débroussailler cette question complexe, il faut des experts en océanographie physique, chimique et biologique, et c'est justement l'intégration de ces trois disciplines qui caractérise les travaux menés au Laboratoire d'écologie marine. La possibilité de prévoir à long terme les tendances des stocks de poisson présenterait certainement un grand intérêt pour l'industrie de la pêche, et il apparaît maintenant que la variabilité annuelle de l'écoulement d'eau douce dans le bassin versant de la baie d'Hudson constitue un terme important de l'équation; il est toutefois nécessaire de poursuivre les recherches pour compléter le tableau.

Pour déterminer si on connaît suffisamment bien un écosystème, il est bon d'essayer d'en reproduire les caractéristiques principales en établissant un modèle sur ordinateur. On peut ainsi non seulement modéliser le fonctionnement du système à l'état naturel, mais incorporer à titre de perturbations les effets connus du pétrole sur les bactéries, le phytoplancton, le

zooplancton ou le benthos, ce qui donne au moins une indication de ce que seraient ces effets dans la nature. Le lecteur est invité à mettre en parallèle la section de W. Silvert sur la modélisation et la partie concernant l'activité hétérotrophique sur les Grands Bancs, préparée par M.A. Paranjape et R.E.H. Smith. Dès les premières tentatives de modélisation de cet écosystème, les chercheurs ont sérieusement remis en question l'application aux Grands Bancs du credo de l'océanographie biologique (la production primaire serait principalement le fait des diatomées, et la production secondaire le fait des copépodes). Avec l'aide du BRDE a été lancé un second travail portant sur l'étude du sous-modèle biologique. Les résultats de plusieurs grandes expéditions menées sur les Grands Bancs ont révélé que le postulat sur le rôle des diatomées et des copépodes ne se vérifie que pendant une courte période, au printemps. Le reste de l'année, la production est dominée par de petites cellules phytoplanctoniques qui sont elles-mêmes broutées par le microzooplancton. Une grande quantité de la production phytoplanctonique est libérée dans l'eau sous forme soluble et absorbée par les bactéries qui, elles-mêmes consommées par de petits animaux, soutiennent le réseau trophique dont les poissons constituent le sommet.

Comprenant mieux le fonctionnement de l'écosystème des Grands Bancs, les scientifiques du LEM peuvent passer avec davantage de confiance à la construction et à l'essai d'un modèle. Entre temps, les personnes chargées de préparer les énoncés des incidences environnementales ont manifesté un vif intérêt pour la modélisation de l'écosystème, qui permettrait d'intégrer les éléments disparates amenés pendant les audiences, et de déterminer si un certain nombre de petits effets sur des portions différentes d'un écosystème

pourrait en fin de compte provoquer des perturbations importantes sur l'ensemble du système de production de poisson.

R.G.B. Brown, de l'Unité de recherche sur les oiseaux de mer (représentant le ministère de l'Environnement à l'IOB) ouvre sur l'écosystème des Bancs une nouvelle perspective dans le domaine de la biologie. Il ne se contente pas d'apporter des données de base sur les espèces et leurs migrations saisonnières, afin de définir le danger que présenterait pour les oiseaux une marée noire, mais il propose une interprétation intéressante de la distribution des oiseaux, qui aide à comprendre le fonctionne-

ment de l'écosystème. Par exemple, les zones de l'océan caractérisées par une remontée d'eaux riches en matières nutritives sont en général fréquentées par des volées de mergules nains. Ces oiseaux se nourrissent de zooplancton. Le zooplancton se trouve-t-il à cet endroit parce que la remontée d'eaux chargées de matières nutritives stimule la productivité de la chaîne trophique, ou le mouvement de l'eau ne fait-il que pousser vers la surface le zooplancton qui se trouvait en profondeur?

Ce chapitre nous rappelle une fois de plus qu'à des questions simples comme « l'extraction des hydrocarbures peut-elle nuire aux pêches des Grands

Bancs? », il n'y a pas de réponse facile et directe. Nous pouvons mesurer la toxicité du pétrole pour les poissons et donner une apparence de réponse, mais dès que nous approfondissons le sujet, nous tombons dans l'inconnu. Pour répondre aux questions posées, nous devons faire appel à la modélisation théorique et aux travaux sur le terrain, et nous tenir parfaitement au courant de ce qui se fait de plus nouveau dans la communauté scientifique mondiale.

— K.H. Mann

Directeur

Laboratoire d'écologie marine

Évaluation des stocks et recherches halieutiques sur les Grands Bancs

L.W. Coady et S.A. Akenhead

Nous sommes heureux d'accueillir dans les pages de la Revue de l'IOB consacrée aux Grands Bancs cet article dû à des chercheurs du Centre des pêches de l'Atlantique nord-ouest. Au sein du ministère des Pêches et des Océans, le mandat concernant la gestion des ressources halieutiques de l'Atlantique canadien est confié à divers établissements décentralisés, chacun doté de responsabilités particulières à l'échelle régionale. C'est la région de Terre-Neuve du Service des pêches de l'Atlantique qui est chargée de ces ressources sur les Grands Bancs. L'IOB mène régulièrement des recherches scientifiques en collaboration avec la région de Terre-Neuve, tout comme il le fait avec celles du Québec, du Golfe et de Scotia-Fundy. Le Service des pêches de cette dernière région se trouve en partie dans les locaux de l'Institut, et ses activités sont régulièrement présentées dans la Revue.

Les installations de recherches de la région de Terre-Neuve se trouvent au Centre des pêches de l'Atlantique nord-ouest, construit sur les collines White, au-dessus de St-John's. Le Centre compte un effectif professionnel et technique d'environ 160 personnes, et utilise trois navires de recherche du MPO (Wilfred Templeman, Shamook, et Marinus) ainsi que le bateau affrété Gadus Atlantica. Le programme de recherche est très diversifié, et les auteurs présentent une vue d'ensemble des travaux actuels du Centre, en soulignant la variété des problèmes d'ordre biologique que doivent traiter les halieutes dans la région des Grands Bancs.

La recherche halieutique sur les Bancs touche plusieurs questions liées entre elles : Quelle est la taille des populations de poissons? Où se trouvent les zones de fraye? Où vont les poissons pendant leur migration? Quelles sont les interactions entre les diverses espèces?

Quels facteurs conditionnent leur croissance et leur survie? La recherche a pour but fondamental de donner des avis devant servir à élaborer des plans de pêche, à définir des quotas et à établir d'autres stratégies de gestion qui assureront la préservation des res-

sources marines. C'est pour cette raison que 80 % des activités de recherche menées dans la région de Terre-Neuve sont liés à la dynamique des populations des stocks commerciaux et aux effets des taux d'exploitation actuels et projetés.

Nous recueillons des observations détaillées sur les stocks de poissons de fond et sur leur milieu au cours de campagnes régulières de recherches utilisant des engins commerciaux modifiés pour échantillonner l'abondance avant recrutement. Ces observations sont complétées par des études menées régulièrement aux principaux ports de débarquement des captures commerciales, et par l'échantillonnage en mer des prises des bateaux de pêche canadiens et étrangers. Des inventaires permettent d'établir des estimations fiables de l'abondance des stocks afin de prédire les rendements et de modifier les contingents annuels.

La gestion des pêches est un domaine en évolution rapide, et les méthodes d'évaluation des stocks sont maintenant beaucoup plus raffinées que celles d'il y a dix ans. Les analyses les plus récentes tiennent compte des captures plurispécifiques et de l'interaction des espèces. Des indices de l'effort de pêche et du taux de capture peuvent maintenant être tirés de séries hétérogènes de tailles de bateaux et de types d'engins et permettent d'obtenir une grande variété d'estimations de l'abondance du poisson, données qui, d'un point de vue statistique, seraient considérées comme comportant trop de « bruit ».

L'élaboration, à St. John's, des modèles statistiques sur lesquels se fondent les analyses d'évaluation des stocks, s'oriente actuellement vers le recours à des variables explicatives des distributions du recrutement qui évitent l'ajustement par sélection des paramètres. De plus, l'appel à la stratégie du cycle biologique sert à estimer le taux de mortalité naturelle des poissons (qui constitue un intrant important dans les modèles de gestion) en fonction des régimes de croissance et de reproduction dans la vie d'une espèce donnée.

Pour établir le total admissible des captures, il est nécessaire d'évaluer avec précision le recrutement de jeunes poissons qui entreront dans la catégorie exploitable l'année pour laquelle le TAC est fixée. Les poissons plats juvéniles, par exemple, posent des problèmes particuliers d'échantillonnage, et on a retenu un chalut à crevettes Yankee 41.5 pour évaluer leur distribution et leur abondance. Les chercheurs tentent maintenant de mettre au point un indice donnant l'effectif d'une classe annuelle (à partir des campagnes de recherche) avant que les poissons arrivent à l'âge du recrutement pour la pêche. Ces études ont apporté des données précieuses sur la biologie générale et la dynamique des poissons plats juvéniles : longueur en fonction de l'âge, poids en fonction de l'âge, distribution par rapport à la population adulte, maturité, comportement alimentaire et prédation par d'autres espèces.

La question générale du nombre de poissons est abordée dans le cadre des distributions saisonnières. Dans le passé, tous les stocks de poissons faisant l'objet de contingentement étaient soumis une fois par an à un échantillonnage aléatoire stratifié, mais ces « instantanés » donnaient peu d'information sur la variabilité saisonnière. Un projet, lancé en 1984, a pour objet de quantifier les effets de la variabilité saisonnière (de la distribution et de l'abondance) sur les estimations de la biomasse des principales espèces de poissons de fond dans le nord du Grand Banc (div. 3L). Les travaux porteront aussi sur la variabilité temporelle des paramètres biologiques. Au cours de chaque trimestre, pendant une période de six semaines, environ trois cents stations font l'objet d'un échantillonnage aléatoire stratifié,

ce qui permettra de couvrir l'ensemble de la région et toutes les espèces de poissons de fond importantes.

La grande priorité de la recherche halieutique reste la connaissance des processus qui régissent l'effectif des classes annuelles et le recrutement chez les poissons de mer. Le transport des matières nutritives depuis les bassins profonds situés à l'est du Grand Banc jusqu'aux eaux ensoleillées et peu profondes du Platier régit la production de nourriture et l'activité des prédateurs planctoniques des larves de poissons et, en bout de ligne, la survie entre le stade de l'œuf et celui du juvénile vivant sur le fond. Les travaux sur les débuts du cycle biologique de la morue et du sébaste sur le Bonnet Flamand ont été utilement exploités dans les études de la production du Platier. Les recherches actuelles devraient révéler les processus qui modèlent l'évolution de la larve de limande à queue jaune (*Limanda ferruginea*) et l'effectif de la classe annuelle suivante. Il s'agit d'examiner la croissance, l'alimentation, la distribution et l'abondance en fonctions des conditions biologiques et physiques.

La répartition des matières nutritives et de la densité de l'eau qu'ont révélée les expéditions menées sur le Platier a causé plusieurs surprises. Les teneurs en matières nutritives étaient beaucoup plus élevées que ne l'avaient prédit des versions antérieures d'un modèle des Grands Bancs (voir l'article de Silvert dans le même chapitre). Il semble aussi que la concentration de chlorophylle près du rebord du plateau soit forte toute l'année à cause de la faible densité et de la turbulence du courant du Labrador. La communauté écologique est nettement structurée par les caractéristiques frontales particulières de la région et, les travaux le confirment, la production est favorable au développement des larves de poisson.

Le Platier est fréquenté, de façon spectaculaire, par des troupes de baleines, des volées d'oiseaux de mer et, dans le passé, par des flottilles de chalutiers russes qui venaient exploiter les immenses bancs de capelan qui frayent dans la région. Les spécialistes des espèces pélagiques montent chaque année deux campagnes de repérage hydroacoustique du capelan dans la région des Grands Bancs. Celle d'avril



Poissons dans les bassins (Photographie aimablement prêtée par le Centre)

couvre le nord du Grand Banc (div. 3L) et celle de juin l'ensemble de la région (div. 3LNO). Ces expéditions nous permettent d'établir une base fiable à partir de laquelle nous pouvons définir et prédire les fluctuations de l'abondance de la population, et en prédire les distributions relatives. Un transducteur modifié à double faisceau, qui est actuellement mis au point, produira des données sur le nombre de poissons en un point précis, et permettra donc d'améliorer de façon spectaculaire nos moyens d'estimation de l'abondance.

La réussite dans les études sur le capelan a orienté la recherche vers la prédiction du recrutement. En collaboration avec l'Université McGill, nos chercheurs étudient l'écologie des débuts de la vie du capelan sur le Grand Banc, en considérant diverses hypothèses, notamment celles du rôle de grosses vagues qui mélangeraient jusqu'au fond les eaux peu profondes du Platier, remettant en suspension les sédiments et libérant les larves de capelan qui ont éclos dans ces sédiments. En 1985, nous avons utilisé, en collaboration avec l'IOB, le sous-marin *Pisces* pour étudier la dynamique des larves de capelans et examiner l'angle d'inclinaison du corps des capelans adultes (paramètre important en recherche hydroacoustique).

Pour ce qui est de la morue, les biologistes savent que ces poissons se rassemblent au printemps dans leurs frayères du large, mais ils connaissent très peu de choses sur leur dispersion après la fraye et leur déplacement vers les côtes. À partir de 1983, nous avons

suiwi des bancs de morue qui quittaient leurs frayères situées au nord du Grand Banc. Les bateaux de recherches équipés de sonars très puissants peuvent localiser la morue et le capelan et les suivre pendant plusieurs jours (figure 1). Bien que le tableau reste incomplet, il semble que la morue se rapproche des côtes en suivant le fond. Elle se déplace à des profondeurs situées entre 250 m et le niveau des eaux froides (0 à $-1,7^{\circ}\text{C}$) et peu profondes du courant du Labrador. Ces morues en migration restent en général aux endroits où la température se maintient entre 0 et 3°C , mais on les trouve parfois à des températures de $-0,5^{\circ}\text{C}$.

Les opérations de marquage des morues menées depuis la fin des années soixante-dix ont permis de répondre à certaines questions clés sur les déplacements saisonniers de ce poisson. Les morues adultes étiquetées sur leurs frayères du talus nord du Grand Banc sont parfois reprises la même année par les pêcheurs côtiers, ce qui donne une estimation de la proportion de morues capturées à la pêche côtière. Ces opérations de marquage, centrées sur un élément du stock de morue du nord localisé au nord du Grand Banc, ont révélé que 2 à 3 % seulement de cette sous-population sont en fait capturés à la pêche côtière. Les morues qui se tiennent sur les talus du sud du Grand Banc (div. 3NO) en hiver sont considérées comme appartenant à un stock différent. En général, ces poissons restent toute l'année sur le Banc et, s'ils se dispersent au printemps sur la surface du Banc en direction du nord, ils vont très peu vers l'ouest, et le stock de 3NO ne joue pas un rôle important dans la pêche côtière de la morue à Terre-Neuve.

Pendant l'été et l'automne, des morues adultes et juvéniles ont aussi été marquées dans les zones côtières. Leur recapture par la flottille hauturière apporte des renseignements sur le retour des morues vers leurs frayères. Il est évident que les morues retournent pratiquement à l'endroit où elles sont nées, comme le saumon revient à son ruisseau de naissance.

Poissons prédateurs et pêcheurs se mènent une concurrence acharnée. Lorsqu'une espèce commerciale comme la morue consomme d'autres espèces

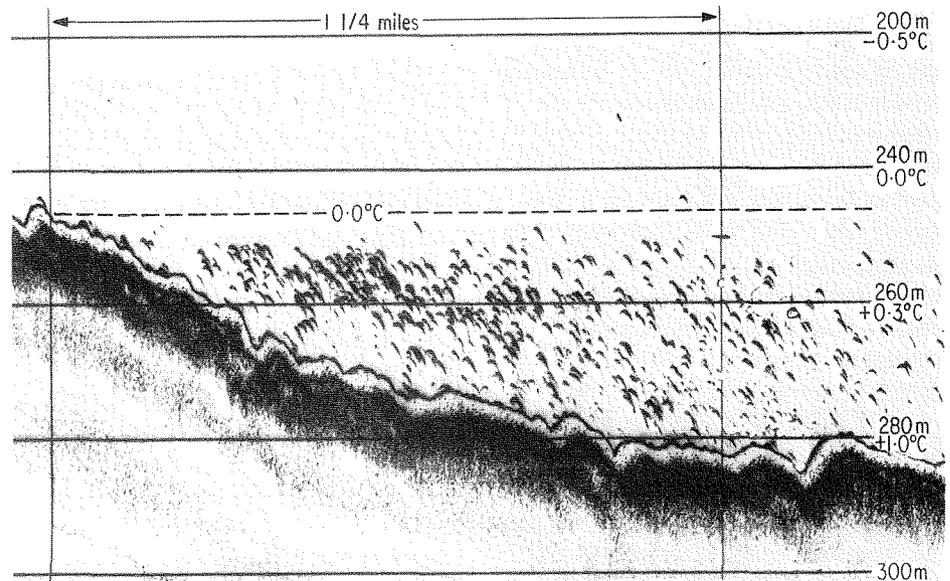


Figure 1. Trace acoustique du trajet migratoire effectué par les morues pour atteindre les eaux de fond plus chaudes des Grands Bancs. (Gracieuseté de W.H. Lear, données inédites).

commerciales comme le capelan, la crevette ou le crabe des neiges, il est intéressant de savoir quel effet l'augmentation de l'effectif d'une espèce va avoir sur l'autre. Nous étudions l'alimentation de la morue en examinant le contenu des estomacs, qu'il faut interpréter en termes de sélection de la nourriture, de digestion et de répartition de l'énergie alimentaire entre la croissance, l'activité et la reproduction. Rares sont les mesures bioénergétiques menées chez le poisson aux températures de $-1,0$ à $3,0^{\circ}\text{C}$, qui sont caractéristiques de l'habitat de la morue sur les Grands Bancs. Le recours à des méthodes modernes d'analyse sur ordinateur peut être très instructif. Les chercheurs ont mis au point une méthode statistique par grappes permettant d'analyser le contenu des estomacs et de définir les types de régime alimentaire plus précisément que les anciens regroupements par longueur ou par échantillon. Il est maintenant possible de déterminer les préférences alimentaires de la morue et de cartographier l'abondance des proies, en fonction de l'utilisation qu'en fait ce poisson, pour la région du Grand Banc.

Les prédateurs peuvent aussi être considérés comme des instruments de prélèvement. Malgré la distorsion évidente de l'image qu'ils donnent, l'information ainsi obtenue sur la distribution, l'abondance relative et la taille des proies peut être très utile, surtout dans une zone aussi mal étudiée que

les Grands Bancs. Par exemple, au printemps 1979, on a trouvé dans l'estomac de morues capturées aux alentours des Virgin Rocks une grande quantité d'euphausiacés. On n'avait jamais signalé de concentration de ces crustacés dans le secteur, et leur présence en grande quantité, même chez des morues de bonne taille, semble montrer que la productivité de cette zone est très forte.

Des études antérieures (Lear, 1976) indiquaient la présence du saumon de l'Atlantique (*Salmo salar*) dans la région du Grand Banc de Terre-Neuve, et la possibilité de liens avec la pêche côtière du Canada. Au printemps 1979, et de nouveau en 1980, les chercheurs ont pêché le saumon en des points jugés favorables. Au total, ils ont capturé 341 saumons à l'extrémité sud du Grand Banc, et à l'est du Banc, au-dessous de l'isobathe de 200 m. D'après les étiquettes, certains de ces saumons venaient des cours d'eau des Maritimes et du Maine (États-Unis). L'état des gonades montrait que certains de ces poissons auraient atteint la maturité sexuelle à l'état de castillon (grilse) après avoir passé seulement un hiver en mer. C'est la première fois qu'on capture dans l'Atlantique nord (ailleurs qu'à la pêche côtière) des saumons en passe de devenir castillons. Les travaux doivent se poursuivre.

La biologie, l'écologie et la dynamique des populations du crabe des neiges font l'objet de recherches. Les

pêcheurs de crabe ont élargi leurs activités de 60 à 120 milles vers l'est et vers le nord jusqu'au sud du Labrador. Depuis 1982, les débarquements de crabe des neiges du nord du Grand Banc (div. 3L) ont connu un déclin spectaculaire. Les analyses de la fréquence des tailles et de l'état des carapaces, menées au cours des expéditions du printemps, ont montré que le recrutement dans la classe exploitable a pratiquement cessé après 1981. Les mesures faites sur le fond à la station 27, près des zones de pêche commerciale du crabe, montrent une importante baisse de la température de l'eau à partir de 1982, baisse qui s'est maintenue jusqu'à l'heure actuelle. Il semble que ces basses températures (inférieures à $-1,0^{\circ}\text{C}$) aient interrompu le cycle de mue du crabe des neiges, ce qui a provoqué l'effondrement de la pêche après l'épuisement de la biomasse des animaux de taille exploitable.

L'encornet nordique (*Illex illecebrosus*) est un migrateur qui apparaît de façon saisonnière dans la région de Terre-Neuve. Des prises accessoires d'encornet ont été réalisées au cours des campagnes de pêche du poisson de fond sur le Grand Banc, de mai à juillet. De juillet à novembre, l'encornet peut faire l'objet d'une pêche côtière lucrative. Certaines années, ces mollusques abondent et leur pêche est rentable; d'autres années, ils sont rares. Au cours des dernières années, les scientifiques ont pu prévoir avec succès l'abondance d'encornets sur les côtes de Terre-Neuve, à l'intention de l'industrie de la pêche. Des campagnes de chalutage semi-pélagique et d'échantillonnage du plancton (février-mars) ont été entreprises dans le système du Gulf Stream, dans le secteur se trouvant entre le Grand Banc et la plate-forme Scotian; leurs résultats donnent un indice de l'abondance relative des pré-recrues (larves et juvéniles) d'*Illex*. En juin, des échantillonnages aléatoires stratifiés effectués sur le talus sud-ouest du Grand Banc donnent des renseignements complémentaires sur les relations entre les taux de capture, l'hydrographie et l'abondance de l'encornet sur les côtes au cours des mois qui suivent.

C'est surtout grâce à la station 27, station océanographique établie près du cap Spear, point le plus oriental de

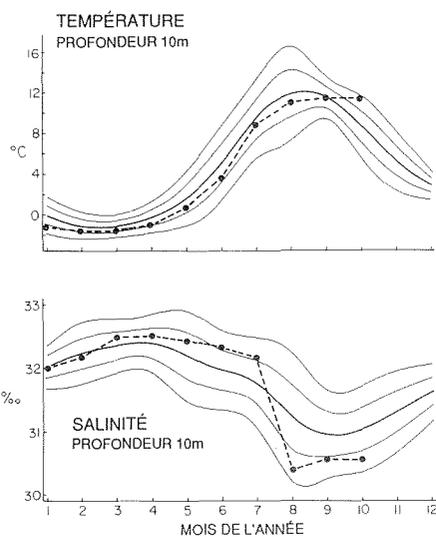


Figure 2. Moyennes de la salinité et de la température à 10 m de profondeur relevées chaque mois à la station 27 (St. John's), comparées à la moyenne à long terme (ligne continue centrale). Les courbes correspondant à plus et moins 1 et 2 écarts types indiquent l'écart de chaque mois par rapport à la moyenne. Environ 16 % des observations sont de plus d'un écart type supérieures à la moyenne, mais 2,3 % seulement des moyennes mensuelles seront différentes de plus de deux écarts types de la moyenne à long terme.

l'Amérique du Nord, que l'on connaît le climat océanique pour la région située au nord du chenal Laurentien. La tentative, dans les années trente, d'établir une série chronologique de corrélations concernant le climat océanique (selon le conseil de Hjort), n'a pas eu de succès mais, depuis que Terre-Neuve fait partie du Canada, c'est-à-dire depuis 1949, l'occupation volontaire de la station 27 par les navires de recherche qui entrent dans le port de St. John's ou qui en sortent a fourni chaque année de 20 à 40 observations, ce qui est plus que suffisant pour détecter les fluctuations inter-annuelles de la température et de la salinité du courant du Labrador (figure 2).

Divers travaux d'écologie ont eu recours aux données recueillies à la station 27, notamment une analyse intéressante de l'effectif des classes annuelles de la morue du nord (Sutcliffe *et al.*, 1983), des prises côtières de morue (Akenhead *et al.*, 1981; Lear *et al.*, sous presse) et de l'effondrement de la pêcherie de crabe des neiges sur le Grand Banc (Taylor *et al.*, sous presse). L'information sur le climat océanique est particulièrement utile dans cette région, parce que de nom-

breuses espèces du Grand Banc se trouvent à la limite de l'échelle de températures qu'elles peuvent supporter, dans cette zone qui constitue une transition entre des conditions boréales et des conditions arctiques. L'églefin, la limande à queue jaune, la morue et d'autres espèces résidentes ne supportent l'hiver au large de Terre-Neuve qu'en évitant les eaux glaciales. De nombreuses espèces commercialement importantes (encornet, maquereau) migrent temporairement dans la région en été, en nombres qui varient aussi bien en fonction des conditions du climat océanique que de leur abondance absolue.

Les chercheurs du Centre des pêches de l'Atlantique nord-ouest et de l'IOB ont été les premiers à mettre au point une méthode biochimique — système enzymatique des oxygénases à fonction mixte (« système OFM ») — qui constitue un moyen précis de surveillance de la pollution et sera utile lorsque commencera l'exploitation pétrolière sur les Bancs de Terre-Neuve (voir l'article de Paranjape et Smith). Les premiers travaux en mer qui montraient une association entre l'induction enzymatique chez les poissons et la pollution par les hydrocarbures ont été réalisés au début des années 1970 à Terre-Neuve. Depuis une dizaine d'années, d'autres études portant sur la relation entre l'induction du système OFM et la pollution due au pétrole ou à des composés organiques de type mixte ont été effectuées en mer du Nord, dans l'Atlantique central, dans le Pacifique, dans l'Adriatique et dans les Grands lacs. Outre ces travaux en mer, les chercheurs de deux laboratoires de St. John's et Dartmouth ont étudié le potentiel d'induction enzymatique chez diverses espèces de poissons qui sont communes dans ce secteur de l'Atlantique nord-ouest.

La technologie de pointe offre maintenant de nouveaux instruments qui rendent moins coûteux et plus rapides les travaux de biologie marine sur l'immensité des Grand Bancs; il s'agit particulièrement de la télédétection grâce aux capteurs montés sur satellites. Jusqu'à maintenant, les satellites n'offrent guère de données intéressantes; les spécialistes de biologie marine (les océanographes physiciens sont bien mieux servis), mais les archives de la

tement chaotique des systèmes. Certains travaux, de nature plus pratique, utilisent la vaste base de données recueillies par les navires de recherche depuis le milieu des années quarante pour étudier les changements dans la distribution des poissons et la structure des communautés.

Les halieutes ont participé à l'évaluation des incidences environnementales concernant la mise en valeur du champ pétrolier Hibernia, et à l'examen des nombreux documents connexes. Les effets sur les pêches de l'exploitation des hydrocarbures constituent l'un des principaux sujets de recherches sur l'habitat du poisson au Centre des pêches de l'Atlantique nord-ouest. Par exemple, au site Hibernia, il se pourrait qu'une oxydase à fonction mixte indique l'exposition des poissons aux hydrocarbures. Les chercheurs examinent aussi la série de métabolites d'hydrocarbures présents dans la vésicule biliaire des poissons, qui pourraient constituer des indicateurs de l'exposition des stocks sauvages aux hydrocarbures.

Les recherches à venir, dans la perspective d'une gestion centrée sur l'écosystème, mettront l'accent sur la coordination des disciplines. Les chercheurs accéléreront leurs efforts pour améliorer la précision des estimations concernant le total admissible des captures, les taux de capture, les prévisions des stocks et les autres résultats de l'évaluation des stocks. Avec l'exploitation du pétrole d'Hibernia, il sera plus nécessaire encore d'étudier les conditions environnementales de base, et d'assurer la protection des intérêts des pêcheurs.

NASA commencent graduellement à rendre publiques des données sur la couleur de la surface de l'eau. Les chercheurs qui étudient le Grand Banc ont la chance de disposer d'une grande base de données de vérification au sol qui a été constituée pendant les expéditions commanditées en 1980 par la Société Mobil Oil. En collaboration avec l'Institut des sciences de la mer de Colombie-Britannique, nous comparons les données sur la chlorophylle et la production primaire obtenues en 1980 aux données numériques tirées de neuf images de la couleur de la surface de la mer fournies par le satellite Nimbus 7.

Il se peut que l'analyse des images satellitaires révèle la production primaire relative sans qu'il soit possible de cartographier la chlorophylle subsurface. S'il était possible de cartographier les régions présentant une forte productivité primaire, un grand pas en avant serait fait dans l'étude de la biologie des Grands Bancs. Par exemple, la couverture satellitaire permettra de raffiner les estimations actuelles de la production primaire annuelle sur le Grand Banc (175 g/m² par an C), ce qui imposera des limites précises à la productivité maximale prévisible pour la pêche dans cette région.

Certaines recherches, d'ordre théorique, portent sur une approche plurispécifique ou orientée sur l'écosystème : par exemple, l'examen de la dynamique trophique dans les systèmes marins plurispécifiques, et la relation de la structure des réseaux trophiques marins avec la stabilité relative ou le compor-

Références

- AKENHEAD, S.A., CARSCADDEN, J., LEAR, H., LILLY, G.R. et WELLS, R. 1981. On the cod-capelin interaction off northeast Newfoundland and Labrador. Northwest Atlantic Fisheries Organization, Scientific Council Report 81/1 (Series N264) : 18 p.
- COADY, L.W. et MAIDMENT, J.M. 1985. Publications of the Fisheries Research Branch, Northwest Atlantic Fisheries Centre, St. John's, Newfoundland — 1931 to 1984. Rapport manuscrit canadien des sciences halieutiques et aquatiques 1790 : v + 159 p.
- LEAR, W.H. 1976. Migrating Atlantic salmon (*Salmo salar*) caught by otter trawl on the Newfoundland continental shelf. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 33 : 1202-1205.
- LEAR, W.H., BAIRD, J.W., RICE, J.C., CARSCADDEN, J.E., LILLY, G.R. et AKENHEAD, S.A. Sous presse. An examination of factors affecting catch in the inshore cod fishery of Labrador and eastern Newfoundland. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, Research Document.
- LILLY, G.R. et RICE, J.C. 1983. Food of Atlantic cod (*Gadus morhua*) on the northern Grand Bank in spring. Northwest Atlantic Fisheries Organization Scientific Council Report 83/87 (Series N753) : 35 p.
- PINHORN, A.T. (Éditeur). 1976. Living marine resources of Newfoundland-Labrador : status and potential. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada* 194 : 64 p.
- SUTCLIFFE, W.H., JR., LOUCKS, R.H., DRINKWATER, K.F., et 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.
- TAYLOR, D.M., O'KEEFE, P.G. et FITZPATRICK, C. Sous presse. A snow crab (*Chionoecetes opilio*) recruitment failure off the northeast coast of the Avalon Peninsula and a possible cause. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, Research Document.

Effets du courant du Labrador et de l'apport d'eau douce de la baie d'Hudson sur l'écologie des Grands Bancs

K. F. Drinkwater

Le courant du Labrador a une influence profonde sur les Grands Bancs de Terre-Neuve. Pénétrant dans cette région par le nord, il transporte de l'eau froide de faible salinité. Les eaux froides, souvent infestées de glace, que l'on retrouve au large de Terre-Neuve attestent l'influence du

courant sur le milieu physique, mais son effet sur la biologie des Bancs est moins connu et moins bien compris. Les études entreprises par des scientifiques soviétiques au début des années 60 montrent clairement que des larves de morue nées dans la partie sud du plateau continental du Labrador sont

transportées par le courant du Labrador dans la région des Grands Bancs. Les études récentes effectuées par des scientifiques du Laboratoire d'écologie marine (LEM) ont précisé les effets du courant du Labrador sur la production biologique du plateau du Labrador et la répartition du poisson dans cette zone, et les répercussions biologiques de ces effets sur les Grands Bancs.

Le voyage commence à plus de 1 000 km au nord des Grands Bancs, dans la région du détroit d'Hudson et de la baie d'Ungava (figuré 1). Étant donné les dimensions, la forme et la bathymétrie de la baie d'Ungava, la

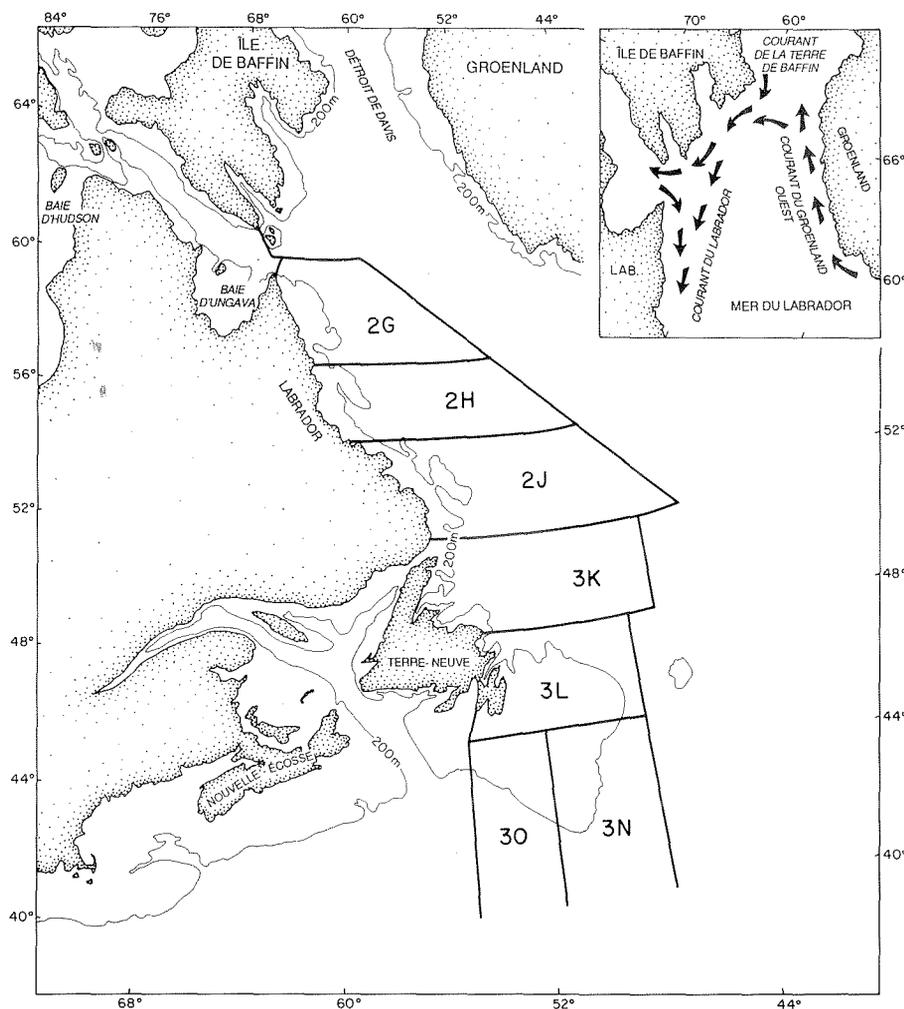


Figure 1. Les Grands Bancs et le plateau continental du Labrador, avec les limites des sous-zones de l'Organisation des pêches de l'Atlantique nord-ouest (OPANO). L'encart montre les principaux courants de surface de l'Atlantique nord.

résonance correspond aux fréquences de la marée, ce qui provoque un fort marnage, de grands courants de marée et un brassage vertical intense. Ce dernier processus produit une masse d'eau qui est un mélange de trois types d'eau qui pénètrent dans cette région : 1) une eau froide (moins de 0°C), d'origine polaire, qui coule vers le sud le

long de la partie est de l'île de Baffin, 2) une eau relativement chaude (environ 4°C) provenant de la mer du Labrador, et 3) une eau faible de salinité qui s'écoule hors de la baie d'Hudson (Dunbar, 1951; Kollmeyer *et al.*, 1967). Ces eaux sont entraînées par la circulation résiduelle vers l'extrémité nord du plateau continental du Labrador puis vers le sud par le courant du Labrador. L'écoulement des eaux vers la partie sud du plateau du Labrador (Lazier, 1982) modifie peu la température et la salinité, ce qui laisse supposer que le mélange est faible sur le plateau continental. Le détroit d'Hudson a donc été défini comme le berceau des eaux du plateau continental du Labrador (Dunbar, 1951).

Le mélange intense qui se produit à proximité de la partie est du détroit d'Hudson a également des effets biologiques importants parce qu'il enrichit les eaux de surface en éléments nutri-

tifs (Kollmeyer *et al.*, 1967). L'absorption des éléments nutritifs provenant de l'eau de mer est essentielle pour la production primaire. À la plupart des latitudes arctiques et tempérées, l'épuisement des éléments nutritifs causé par l'efflorescence phytoplanctonique du printemps ou du début de l'été limite en général la croissance des algues pendant toute la période estivale et automnale à moins que n'apparaissent de nouvelles sources de nutriments. Sutcliffe *et al.* (1983) soutiennent que les eaux superficielles, riches en éléments nutritifs, du détroit d'Hudson sont déplacées par advection vers le plateau continental du Labrador et constituent en été la principale source d'éléments nutritifs nouveaux du plateau. Le flux d'éléments nutritifs du détroit d'Hudson vers le plateau continental du Labrador est relativement continu. Sutcliffe et ses collaborateurs ont également émis l'hypothèse selon laquelle une chaîne trophique se développerait progressivement sur le plateau continental du Labrador, en aval de cette source d'éléments nutritifs, se déplaçant vers le sud pendant sa période de croissance à cause de l'advection due au courant du Labrador. Selon eux, la période de deux

mois qui semble nécessaire au déplacement des eaux entre le détroit d'Hudson et les Bancs serait suffisante pour le développement des organismes, depuis le phytoplancton jusqu'aux gros zooplanctons et aux petits poissons. La vitesse de déplacement, qui serait d'environ 20 km par jour, est conforme à celle des courants, mesurée sur le plateau continental.

Si l'hypothèse de Sutcliffe *et al.* (1983) est juste, et que la principale source d'éléments nutritifs du plateau continental du Labrador provient du nord, on peut s'attendre à une diminution de la production primaire vers le sud. Les données de Irwin *et al.* (1978) sur la production superficielle, bien que limitées dans le temps et dans l'espace, montrent effectivement une baisse de la production vers le sud (figure 2). L'hypothèse prévoit également une plus grande abondance de zooplancton et de poissons au sud. Nous ne disposons pas des données qualitatives sur le zooplancton qui nous permettraient de vérifier l'hypothèse; toutefois, il existe des données

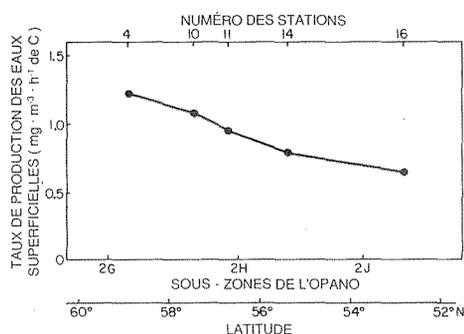


Figure 2. Taux de production des eaux superficielles en fonction de la distance longitudinale le long du plateau continental du Labrador.

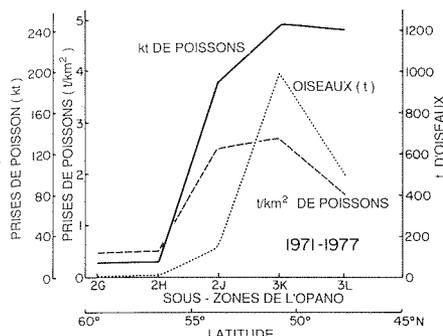


Figure 3. Prises de poissons, prises de poissons par unité de surface et abondance d'oiseaux en fonction de la distance longitudinale le long du plateau continental Labrador-Terre-Neuve.

sur les pêches. Les prises moyennes des principales espèces commerciales, exprimées en poids ou en poids par unité de surface, augmentent de façon spectaculaire dans le sud du Labrador, les prises demeurant élevées jusqu'aux Grands Bancs (figure 3). La morue de l'Atlantique est la principale espèce commerciale. Cependant, une telle représentation, qui fait appel aux statistiques sur les prises, est trompeuse car elle ne tient compte que de l'effort de pêche. Cela est particulièrement vrai dans le nord du Labrador, région faiblement peuplée et où, pour une flotte commerciale, la distance est grande des lieux de pêche au port d'attache. C'est pourquoi Sutcliffe *et al.* (1983) ont étudié l'abondance des oiseaux de mer le long de la côte. Les oiseaux de mer qui nichent sur le littoral se nourrissent de petits poissons et doivent, pendant au moins une courte période, disposer de ressources alimentaires sûres. Le parallèle entre l'abondance des oiseaux et les prises de poisson est frappant (figure 3) : cette abondance n'est fonction ni des sites de nidification disponibles, ni de la rigueur du climat, ni de la présence de glace. L'interprétation la plus plausible est la suivante : dans le nord du plateau continental du Labrador, l'abondance de petits poissons est trop faible pour les besoins alimentaires des oiseaux.

D'après Sutcliffe *et al.* (1983), la taille des organismes zooplanctoniques augmenterait vers le sud. Ici encore, les données qualitatives sur le zooplancton font défaut, mais il existe des preuves indirectes. La taille des proies est un facteur clé pour déterminer la taille maximale qui sera atteinte par les poissons (Kerr, 1979). Sur le plateau

continental du Labrador et le Grand Banc, la longueur des morues (taille maximale) augmente vers le sud, la taille des morues dans le nord du plateau du Labrador dépassant à peine 60 % de celle des morues de la région sud du plateau et des Grands Bancs (May *et al.*, 1965).

La production de phytoplancton, l'abondance et la taille des poissons et l'abondance des oiseaux le long du plateau du Labrador viennent confirmer l'hypothèse selon laquelle les éléments nutritifs provenant du détroit d'Hudson sont à l'origine d'une suite d'événements qui aboutit à la forte production de poissons observée dans le sud du plateau continental et au large des régions nord de Terre-Neuve. Si l'on pousse l'hypothèse plus loin, on pourrait s'attendre à ce que les fluctuations interannuelles de l'apport en éléments nutritifs se répercutent sur la production de poissons. Malheureusement, nous ne disposons pas d'une longue série chronologique de données sur les éléments nutritifs pour le détroit d'Hudson et le plateau continental du Labrador. Toutefois, la teneur en nutriments augmente avec la salinité, et il existe des données sur la salinité, qui sont recueillies régulièrement à la station 27, à 4 km au large de St. John's, depuis le début des années 1950. Cette station est située trop au sud mais ses données sont utilisées, faute d'une longue série de mesures de la salinité sur le plateau continental du Labrador. La comparaison de la salinité de la couche supérieure à la station 27 avec les évaluations annuelles de l'abondance des morues âgées de quatre ans au sud du Labrador et au nord de Terre-Neuve et des Grands Bancs est révélatrice (figure 4). Quarante pour cent de la variance de l'abondance des morues entre 1958 et 1976 peut s'expliquer par les taux de salinité de la période estivale pendant les trois premières années de vie de la morue. Lorsque la salinité est élevée (et que les éléments nutritifs sont donc plus abondants), le nombre de morues augmente.

Les eaux à faible salinité qui s'écoulent de la baie d'Hudson, l'un des trois principaux constituants des eaux du plateau continental du Labrador, modifient également la biologie de ce plateau. On observe un rapport inverse

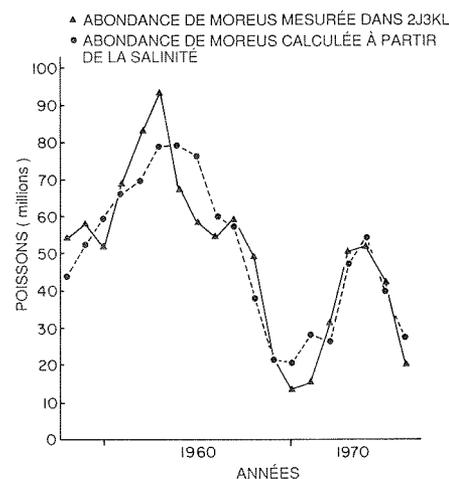


Figure 4. Abondance de morues de l'Atlantique mesurée sur le plateau continental du sud du Labrador et du nord de Terre-Neuve et abondance calculée par corrélation avec la salinité.

entre l'écoulement mensuel moyen d'eau douce dans la baie et les salinités saisonnières de la couche supérieure au large de St. John's, compte tenu d'un décalage suffisant pour permettre aux eaux de se déplacer de la baie d'Hudson à l'est de Terre-Neuve. En supposant qu'il existe un rapport similaire à l'échelle interannuelle, il y aura une baisse des prises de morue les années où l'apport d'eau douce est fort (faible salinité et faible teneur en éléments nutritifs). Cet état de fait est conforme au rapport déjà noté entre la salinité et l'abondance de morues. Le mécanisme proposé est le suivant : les années où l'apport d'eau douce est élevé, le renforcement de la stratification empêche les eaux profondes de se mélanger avec celles de la zone euphotique superficielle, ce qui abaisse les teneurs en éléments nutritifs. La production primaire est réduite, et ce phénomène a pour effet de diminuer les ressources alimentaires des morues. Malheureusement, nous ne disposons pas encore des données hydrologiques, météorologiques et océanographiques suffisantes pour vérifier cette hypothèse.

À la fin de l'été de 1985, nous avons entrepris une expédition à bord du *nsc Hudson* pour vérifier l'hypothèse de Sutcliffe *et al.* (1983), selon laquelle une chaîne trophique se formerait en aval du détroit d'Hudson. Les données recueillies sur l'abondance et la taille des bactéries, du phytoplancton, du zooplancton et des poissons sur le plateau continental du Labrador seront

utilisées pour étudier les gradients longitudinaux prévus. Par comparaison, nous déterminerons l'importance relative de ces gradients longitudinaux par rapport aux gradients transversaux, et nous étudierons les différences liées à la topographie, sur les bancs, dans les dépressions et le long des talus continentaux. L'analyse des données, qui sera terminée très bientôt, devrait ouvrir de nouvelles perspectives en ce qui concerne les incidences du courant du Labrador et de l'apport d'eau douce provenant du détroit d'Hudson sur la biologie du plateau continental du Labrador, et leurs effets probables sur les Grands Bancs.

Références

- DUNBAR, M.J. 1951. Eastern Arctic waters. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada* 88 : 131 p.
- IRWIN, B., EVANS, P. et PLATT, T. 1978. Phytoplankton productivity experiments and nutrient measurements in the Labrador Sea from 15 Oct. to 31 Oct. 1977. Canada Fisheries and Marine Service Data Report 83 : 40 p.
- KERR, S.R. 1979. Prey availability, metaphoresis, and the size structure of lake trout stocks. *Investigacion Pesquera* 43 : 187-198.
- KOLLMEYER, R.C., MCGILL, D.A. et CORWIN, N. 1967. Oceanography of the Labrador Sea in the vicinity of Hudson Strait in 1965. *U.S. Coast Guard Oceanographic Report No. CG373-12* : 92 p.

LAZIER, J.R.N. 1982. Seasonal variability of temperature and salinity in the Labrador Current. *Journal of Marine Research* 40 (Supplement) : 341-356.

MAY, A.W., PINHORN, A.T., WELLS, R. et FLEMING, A.M. 1965. Cod growth and temperature in the Newfoundland area. *ICNAF Special Publication* 6 : 545-555.

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

Projet de modélisation des Grands Bancs

W. Silvert

En 1983, le Laboratoire d'écologie marine a entrepris d'élaborer un modèle de l'écosystème des Grands Bancs qui permettrait d'évaluer les risques écologiques suscités par la production pétrolière, en particulier au site Hibernia. Ce projet, subventionné par le BRDE, constitue l'un des nombreux travaux entrepris par le LEM afin de mieux comprendre les incidences écologiques de l'exploitation des ressources énergétiques sur les Grands Bancs et d'autres plates-formes continentales.

Le projet de modélisation des Grands Bancs comporte trois phases : 1) élaboration d'un modèle global représentant la dynamique et les principales voies trophiques de l'écosystème des Grands Bancs; 2) définition et modélisation des interactions importantes par le biais desquelles les déversements d'hydrocarbures pourraient toucher le biote des Grands Bancs, et 3) élaboration du modèle en vue de la prédiction des effets des marées noires, compte tenu des incertitudes au niveau de l'évaluation des paramètres et du fait que les données disponibles ne suffisent pas à déterminer la structure de tous les sous-modèles. La phase 1 du projet a pris fin en 1985, et la phase 2 devrait être terminée en 1986.

Élaboration du modèle

La structure fondamentale du modèle a été définie lors d'un atelier tenu en avril 1984 au Centre des pêches de l'Atlantique nord-ouest. Pour cet atelier et ceux qui ont suivi, les organisateurs ont fait appel à des personnes œuvrant dans divers domaines de l'écologie marine aussi bien qu'à des océanographes physiciens qui connaissent bien les caractéristiques du transport dans la région. Un modèle comme celui-ci vise avant tout à faciliter la communication entre les spécialistes; les discussions ont donc surtout eu lieu en plénières plutôt qu'en groupes de travail formés de spécialistes d'un seul domaine.

Cet atelier consacré à la planification a été suivi d'un autre atelier portant uniquement sur la modélisation, qui s'est déroulé en juillet 1984 à l'Université Acadia. Le principal objectif consistait à élaborer un modèle de travail préliminaire de l'écosystème des Grands Bancs qui intégrait les concepts énoncés par les participants et présentait une image réaliste des processus qui régissent le système, en définissant les principales interactions, notamment les flux d'éléments nutritifs (surtout le carbone et l'azote). Il a été décidé éga-

lement d'utiliser dès le début le modèle pour effectuer une analyse de sensibilité afin de repérer les valeurs les plus critiques des paramètres et de déterminer ainsi le rendement du modèle.

Description générale

Lors de l'atelier du mois d'avril, il a été convenu de travailler au début avec un modèle global et d'adopter une structure plus détaillée seulement pour les parties qui l'exigent et dont les données sont suffisantes. Cette « démarche descendante » a été utilisée pour une grande partie du travail de modélisation effectué au LEM, et les participants ont convenu que la valeur des données recueillies sur l'écosystème des Grands Bancs rendrait probablement infructueux le recours à une approche plus détaillée.

Conformément à cette philosophie, la structure du modèle est fondée sur trois grandes catégories biologiques qui sont le fruit d'un compromis entre la réalité de l'écosystème et les besoins qu'un tel modèle doit satisfaire. La première catégorie comprend les poissons, le macrobenthos et leurs prédateurs, notamment les mammifères, les oiseaux et les pêcheurs; la deuxième catégorie englobe le zooplancton (à l'exception de l'ichthyoplancton qui a été placé avec les poissons) et le méio-benthos; quant à la troisième catégorie, elle est formée du phytoplancton et des bactéries.

À l'intérieur de chacun de ces trois groupes généraux, les organismes sont

| TAILLE (m) | POISSONS | ZOOPLANCTON | PHYTOPLANCTON |
|------------------|-----------------|---------------|-------------------------|
| 10 ⁰ | DEMERSAL | | |
| 10 ⁻¹ | PELAGIC | | |
| 10 ⁻² | ICHTHYOPLANCTON | CARNIVORES | |
| 10 ⁻³ | | HERBIVORES | |
| 10 ⁻⁴ | | MICROPLANCTON | GROS PHYTOPLANCTONTES |
| 10 ⁻⁵ | | | PETITS PHYTOPLANCTONTES |
| 10 ⁻⁶ | | | MICROBES |
| 10 ⁻⁷ | | | |

Figure 1. Classes de taille utilisées pour le modèle.

classés d'après leur taille. Dans la modélisation préliminaire, nous avons décidé d'utiliser de grandes classes de taille, couvrant un facteur de 10 en mesure linéaire. La plupart des études sur les particules utilisent un facteur de 2 en volume sphérique équivalent, ordre de grandeur plus fin à l'échelle logarithmique : mais cela aurait signifié 20 ou 30 classes de taille pour le modèle, ce qui a été jugé impossible. L'échelle des dizaines correspond à peu près à des groupements fonctionnels. Par exemple, dans le groupe des « poissons », la plage de taille entre 1 mm et 1 cm comprend surtout l'ichtyoplancton, de 1 cm à 10 cm les petits poissons pélagiques et de 10 cm à 1 m les poissons de fond (ces valeurs sont des diamètres en volume sphérique équivalent, et non des longueurs). Le schéma utilisé est illustré à la figure 1.

Le comportement alimentaire semble dépendre seulement de la taille, chaque prédateur consommant des organismes dont la taille est inférieure à la sienne de 2 ou 3 ordres de grandeur. Par exemple, les poissons pélagiques se nourrissent d'herbivores, de microplancton et de gros phytoplanctontes, selon les catégories de taille illustrées à la figure 1. Cette terminologie descriptive est évidemment très grossière, et bon nombre d'interactions trophiques ne cadrent pas dans ce plan trop simple.

Lors de l'atelier de travail du mois d'avril, les participants ont décidé de définir quatre subdivisions spatiales, trois couvrant le Grand Banc lui-même et la quatrième suivant le bras est du courant du Labrador. La figure 2 montre ces quatre subdivisions ainsi que les régions limitrophes. Les conditions aux limites correspondent en fait à des masses d'eau plutôt qu'à des régions géographiques particulières.

Voici la structure du modèle : le principal sous-programme appelle un total de neuf sous-programmes de niveau inférieur, dont la liste suit :

INIT — Programmes d'initialisa-

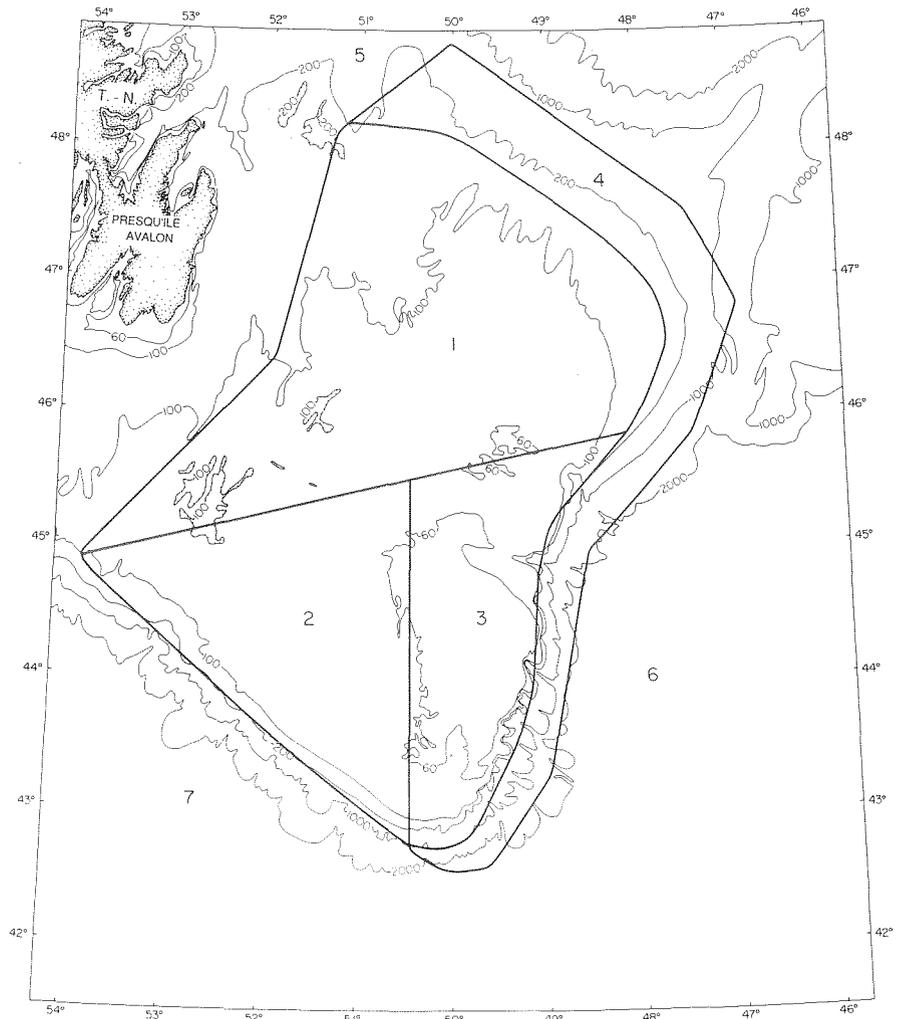


Figure 2. Subdivisions (1-4) et régions limitrophes (5-7) du modèle, établies lors de l'atelier de juillet 1984.

- tion appelés seulement au début de la simulation.
- PHYS — Calcul de la température de l'eau et du rayonnement solaire à chaque étape.
- SPILL — Calcul de la répartition des hydrocarbures, selon différents scénarios de déversement.
- BOUNDS — Calcul des valeurs des variables d'état dans les régions limitrophes.
- VERTMX — Calcul de la répartition verticale des nitrates attribuables au mélange vertical.
- EXCHG — Calcul du transport par diffusion et par advection entre les subdivisions.
- RECYCL — Sous-programme traitant de la reminéralisation de l'azote.
- SRPHYT — Sous-programme biolo-

- gique pour les microbes et le phytoplancton.
- SRZOO — Sous-programme biologique pour le zooplancton et le méiobenthos.
- SRFISH — Sous-programme biologique pour les poissons et les mammifères marins.
- EXPORT — Prélèvement de poissons par les flottes commerciales de pêche, les oiseaux, etc.

Nous avons essayé de limiter le nombre de variables d'état du modèle. Fait déjà mentionné, les classes de taille sont beaucoup plus grandes que ce n'est le cas habituellement dans l'analyse des spectres de taille. Le modèle compte seulement 11 variables d'état, définies de la façon suivante (les tailles correspondent au diamètre en volume sphérique équivalent) :

BACT — Microbes.

PHYT2 — Petits phytoplanctontes,

| | |
|--------------------|---|
| | 1-10 μm . |
| PHYT3 | — Gros phytoplanctons, 10-100 μm . |
| ZOOP1 | — Microzooplancton, 10-100 μm . |
| ZOOP2 | — Zooplanctons essentiellement herbivores, 100 μm - 1 mm. |
| ZOOP3 | — Zooplanctons essentiellement carnivores, 1 mm - 1 cm. |
| FISH1 | — Ichthyoplancton. |
| FISH2 ^a | — Petits poissons, surtout pélagiques |
| FISH3 | — Grands poissons (surtout démersaux) et mammifères résidents. |
| ANTGN | — Azote dans la couche mixte (disponible pour le phytoplancton). |
| BNTGN | — Azote sous la couche mixte, utilisable par le phytoplancton seulement par le biais du mélange vertical. |

Les variables ZOOP et FISH couvrent également la faune benthique. Une autre variable d'état est actuellement introduite pour décrire la matière

organique non vivante, qui constitue une importante source de carbone dans les écosystèmes marins. De nombreuses autres variables sont utilisées dans la simulation, mais elles ne sont pas modélisées de façon dynamique.

Résultats du modèle actuel

Les simulations présentées à la figure 3 constituent une série caractéristique de passages en machine. Chaque courbe couvre une année, à partir du 1^{er} mars, avec un ensemble standard de conditions de départ. De petits changements dans les paramètres du modèle peuvent facilement modifier une grande partie du comportement du système ainsi décrit; nous n'avons pas encore essayé d'optimiser l'estimation quantitative de ces résultats n'est-elle pas significative à l'heure actuelle. Sauf dans le cas des éléments nutritifs, dont les valeurs sont exprimées en microgrammes-atomes d'azote par litre, tous les résultats sont exprimés en grammes de carbone par mètre cube. Les tailles sont toutes exprimées

sous forme de diamètre en volume sphérique équivalent.

Production primaire et nutriments

La production primaire, les nutriments et la composante benthique semblent être pour le moment les éléments les plus importants du modèle. Le sous-modèle actuel est très sensible aux paramètres environnementaux, aussi la « mise au point » de cette partie est-elle très importante pour l'établissement du comportement général du modèle entier. L'examen des raisons qui sont à l'origine de cette situation s'est révélé instructif, et nous étudierons ce problème plus en profondeur au cours de la prochaine année. Malheureusement, nous possédons peu d'incitations directes sur le rôle des algues dans le cycle saisonnier, données qui seraient fournies par des séries chronologiques interannuelles sur la production primaire; c'est donc surtout par des preuves indirectes que nous pourrions valider les sensibilités attribuées au sous-modèle.

Dans la présente version du modèle

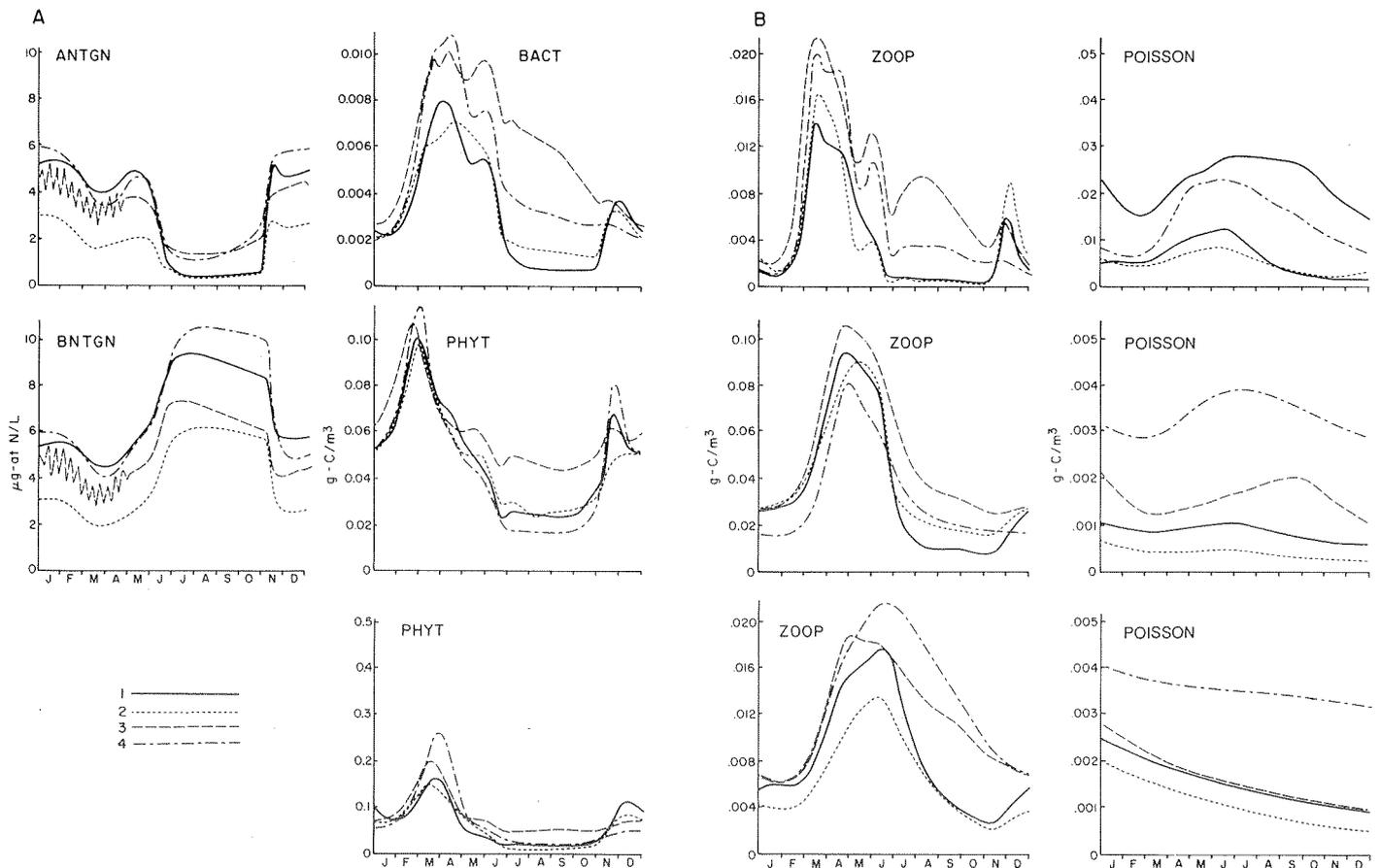


Figure 3. Résultats de la simulation.

il n'y a pas de limitation des nutriments en hiver, et l'efflorescence printanière est amorcée par une augmentation de l'éclairement et une hausse des températures, facteurs qui tous les deux augmentent le taux de croissance. Le début de la prolifération printanière est donc déterminé par la différence entre des facteurs qui changent progressivement, de telle sorte que la synchronisation est très sensible aux légères modifications des facteurs environnementaux ou du broutage. Dans le cas des simulations illustrées à la figure 4, la prolifération se produit donc trop tôt. Il est facile de corriger ce phénomène en modifiant légèrement ces variables motrices ou en réglant les paramètres physiologiques comme la respiration du phytoplancton à l'obscurité, mais, d'après nous, il est important d'établir si l'apparition de la prolifération printanière est effectivement très sensible à ces facteurs, ou si elle est régie par des modifications plus directement liées à la stratification de la colonne d'eau ou à une autre force motrice dominante. Ce facteur est particulièrement critique dans le cas d'un modèle qui doit être utilisé pour prévoir les effets des marées noires, effets qui peuvent être fortement amplifiés lorsque sont affectés les paramètres physiologiques auxquels le système est très sensible.

Il est généralement admis que la prolifération printanière est associée à une stabilisation de la colonne d'eau due à la stratification. En général, les modèles détaillés de la croissance phytoplanctonique considèrent la production primaire comme un équilibre entre la croissance nette dans les parties de la colonne d'eau où la lumière et les apports en nutriments sont suffisants, et les pertes attribuables au broutage et à la respiration dans les parties où la quantité de lumière et de nutriments est limitée. Nous avons modélisé la structure verticale du plancton de façon plus détaillée qu'il ne semblait possible au départ vu la maigreur de la base de données et le manque d'informations détaillées sur les aspects physiques du mélange vertical au cours d'une année. Lors de l'atelier de travail du mois de juillet, les participants ont supposé que la diminution du brassage vertical au printemps augmenterait la quantité

moyenne de lumière à laquelle les phytoplanctons sont exposés, mais il semble que l'inverse se soit produit d'après les mesures de la concentration de chlorophylle effectuées sur le terrain : en de nombreux points des Grands Bancs, les concentrations de chlorophylle se retrouvent à des profondeurs supérieures à la profondeur moyenne de mélange du milieu de l'hiver. L'appel à différentes façons de lier la prolifération printanière à la stratification en fonction de variables globales n'a pas résolu de façon convaincante ce problème, et il faudra probablement avoir recours à un sous-modèle détaillé de la croissance et de la respiration des algues pendant tout le cycle diurne pour comprendre les processus en cause.

Des effets de seuil sont couramment utilisés dans les modèles de ce genre, mais, les données expérimentales étant faibles, nous ne les avons pas inclus dans le présent modèle. Quelques participants ont recommandé l'introduction de différents seuils pour l'absorption des nutriments et le broutage, et il a été établi que ces seuils pourraient stabiliser le modèle et être utilisés efficacement pour le mettre au point. Il est probable que plusieurs éléments de contrôle de ce genre seront intégrés au modèle au cours de l'année, mais, faute de données détaillées sur le rôle des seuils dans la nature et de certitude quant à leur reproductibilité en laboratoire, nous estimons qu'il est nécessaire d'étudier d'abord le comportement du système sans tenir compte de cet élément de régulation. Les seuils peuvent également être particulièrement sensibles aux effets de la contamination par les hydrocarbures, ce qui affaiblirait la capacité de prédiction de tout modèle dans lequel ils joueraient un rôle important.

D'après l'étude effectuée par la compagnie Mobil Oil Canada et d'autres travaux sur des écosystèmes semblables, la fin de la poussée printanière correspond à l'épuisement des nitrates disponibles dans la colonne d'eau, et en été la teneur en azote des eaux superficielles est inférieure à la valeur minimale mesurable d'environ $0,1 \mu\text{g-at N/L}$. Les données recueillies en mer montrent qu'il reste encore des nitrates en profondeur, et lors de l'atelier de travail du mois de juillet, les participants ont convenu de diviser la variable azote en

deux éléments : ANTGN, disponible pour la croissance des plantes, et un élément pour le fond, BNTGN, qui ne peut pas être utilisé par les algues mais qui peut être converti en ANTGN par le brassage vertical. On supposait que la pycnocline représentait la ligne de démarcation entre ces strates, mais il apparaît que le maximum de chlorophylle descend en été sous la pycnocline : à l'exception du transect sud (44°N), il y a en général suffisamment de nitrates aux profondeurs où la chlorophylle est disponible pour soutenir la production primaire. Cette situation montre que les cellules qui se trouvent en profondeur peuvent être moribondes et que la production s'effectue seulement dans les eaux superficielles. S'il en est ainsi, les cellules productrices doivent donc prélever les éléments nutritifs dans la colonne d'eau de façon plus efficace que ne le prédit la cinétique de Michaelis-Menton utilisée actuellement dans le modèle. Il se pourrait que, dans des conditions oligotrophiques, les algues exploitent de petites poches d'excreta dans le sillage des zooplanctons nageurs même lorsque la teneur moyenne en éléments nutritifs de l'eau est effectivement de zéro; c'est peut-être ainsi qu'il faut modéliser l'absorption des éléments nutritifs, plutôt qu'en fonction des teneurs en éléments nutritifs observées.

Les courbes de la biomasse phytoplanctonique, PHYT2 et PHYT3, montrent une petite poussée en automne. Étant donné qu'il n'y a pas eu d'expédition en octobre dans le cadre de l'étude de la compagnie Mobil Oil, nous ne sommes pas certain que cette poussée se produise couramment. Toutefois, l'apparition de ce phénomène dans le modèle dépend de la vitesse de déstratification à l'automne, puisqu'un processus rapide introduit en peu de temps une grande quantité d'éléments nutritifs dans les eaux superficielles, ce qui produit une forte efflorescence, tandis qu'un processus lent permet aux petits herbivores de consommer le phytoplancton à mesure qu'il se développe.

Dans la simulation de la figure 4, la teneur en azote de l'ANTGN ne descend pas en dessous de $0,5 \mu\text{g-at N/L}$ environ à cause surtout de l'utilisation des seuils d'absorption pour stabiliser les essais. La biomasse phytoplancto-

nique a tendance à mourir trop tôt en été, et on peut observer de fausses oscillations des teneurs en ANTGN et en BNTGN dans la subdivision 3 à la fin de l'hiver parce que la variable BNTGN est très petite et qu'elle se renouvelle en moins d'un jour. Ces problèmes numériques compliquent l'analyse, mais il semble que la modélisation des éléments nutritifs et de la production primaire soit essentielle pour comprendre le fonctionnement de l'écosystème des Grands Bancs, aussi devra-t-elle faire l'objet d'une attention soutenue avant que cette partie de l'écosystème puisse être intégrée correctement au modèle.

Zooplankton et poissons

Comme on doit s'y attendre dans le cas d'un modèle structuré en fonction de la taille, les trois classes de zooplankton diffèrent dans leur taux de réponse à l'événement dominant de l'année, c'est-à-dire la prolifération printanière du phytoplancton. Seule la classe des plus petits organismes présente une réponse un tant soit peu structurée. Il est intéressant de noter toutefois que la classe intermédiaire, ZOOP2, possède une biomasse qui est de 4 à 5 fois supérieure à celle de chacune des deux autres classes. Cet état de fait reflète sans doute un avantage au niveau de l'alimentation puisque les organismes de ZOOP2 peuvent consommer les deux classes de phytoplancton.

Les classes de poissons adultes, FISH2 et FISH3, sont les seules composantes du modèle qui n'ont pas été près de l'équilibre pendant la simulation de la deuxième année illustrée à la figure 4. Bien que les valeurs de la subdivision 4 (courant du Labrador) restent assez élevées, les autres valeurs continuent de chuter rapidement. Il semble que le Grand Banc lui-même ne produise pas suffisamment d'énergie pour soutenir les populations de poissons au niveau d'abondance observé, même si le classement relatif des niveaux est conforme aux observations : la subdivision 2 (talus sud-ouest) est la moins productive, et la variable FISH2, qui comprend surtout des petits poissons pélagiques comme

le capelan, est relativement élevée dans la subdivision 3 (le Platier). La simulation ne tient cependant pas compte de la migration, et des scientifiques participants jugent que certaines populations de poissons et de zooplankton des Grands Bancs passent l'hiver dans les eaux plus riches du courant du Labrador. Les résultats de la simulation, bien que provisoires et incertains du point de vue quantitatif, peuvent étayer cette hypothèse, et c'est un facteur dont il faudra tenir compte dans le développement ultérieur du modèle.

Si la migration entre la subdivision 4 et les autres subdivisions joue un rôle important dans la productivité des Grands Bancs, les répercussions d'un déversement d'hydrocarbures au site Hibernia, qui est situé près du centre des migrations hypothétiques, pourraient être accrues.

Résumé des résultats du modèle

Il est nécessaire d'analyser plusieurs secteurs du modèle actuel pour être en mesure d'en construire des sous-modèles. L'interaction de la dynamique des éléments nutritifs et de la production primaire, et en particulier le rôle joué par les microbes, est mal comprise, et retiendra particulièrement l'attention. Le lien entre la composante pélagique de l'écosystème et les organismes benthiques est un autre domaine dans lequel les données font défaut, ce qui se traduit par une incertitude quant à la meilleure façon de modéliser cette interaction. La modélisation de l'alimentation constitue un troisième domaine critique : malgré de nombreux travaux en laboratoire et quelques études *in situ*, le rôle de la répartition irrégulière des nutriments dans l'efficacité de l'alimentation a reçu très peu d'attention.

Toutes ces inconnues font surgir un problème épineux : dans tous les cas sont en jeu des interactions qui peuvent être vulnérables aux incidences des marées noires; une modélisation impropre ferait apparaître des conclusions erronées sur la vulnérabilité de l'écosystème, même si le modèle obtenu donne de bons résultats lorsqu'il est étalonné par rapport aux séries chronologiques de données qui

ont été recueillies.

Recherches à venir et applications

Au stade actuel du modèle, nous comprenons mieux la complexité des forces qui agissent sur les écosystèmes du plateau continental. Même s'il était évident, avant même que le projet ne débute, que les données sur les Grands Bancs étaient maigres et incomplètes, le processus de modélisation a permis de repérer les principales lacunes qui nous empêchent de comprendre le fonctionnement de l'écosystème des Grands Bancs. La poursuite des travaux nous permettra d'identifier un plus grand nombre de ces paramètres critiques et de déterminer avec quelle précision ils doivent être définis, et ainsi d'orienter les recherches dans le domaine. Nous espérons que le modèle sera par la suite adapté à d'autres écosystèmes du plateau continental et servira à compiler et à synthétiser les données existantes, et à planifier la recherche sur les pêches.

D'autres ministères fédéraux, responsables de l'évaluation des incidences environnementales, sont intéressés par l'application de la modélisation de l'écosystème au processus d'évaluation des incidences. Les méthodes actuelles d'évaluation souffrent en général d'un manque de structure et ne tiennent pas compte des incidences sur l'ensemble de l'écosystème d'un effet mesurable touchant une petite partie de l'écosystème. La modélisation peut intégrer toutes les incidences potentielles. Elle offre aussi une structure qui pourra être étoffée, à mesure qu'augmente notre connaissance de l'écosystème et que changent le type et l'ampleur des perturbations dues au développement. L'applicabilité de cette modélisation de l'écosystème à l'évaluation des incidences environnementales sera examinée dès 1986. Les perturbations seront intégrées au modèle selon les scénarios de l'apport de polluants décrits dans l'Énoncé des incidences environnementales du site Hibernia préparé par la Mobil Oil Canada Ltd. Les données obtenues par modélisation des incidences potentielles seront comparées aux incidences prévues dans l'Énoncé.

Activité microhétérotrophique sur les Grands Bancs : le sous-modèle biologique

M.A. Paranjape et R.E.H. Smith

La production primaire, due au phytoplancton, constitue la base de tous les grands réseaux trophiques pélagiques. Le carbone organique résultant de l'activité photosynthétique du phytoplancton est utilisé par les herbivores pélagiques comme source d'énergie pour leur croissance et leur métabolisme. Jusqu'à ces derniers temps, les gros phytoplanctons et les gros crustacés herbivores étaient considérés comme les principaux producteurs et consommateurs de carbone organique, mais cette vue traditionnelle est contredite par de récentes études sur le rôle joué par les bactéries et le microzooplancton comme consommateurs de carbone organique. Les scientifiques croient maintenant que, dans bien des régions, les bactéries planctoniques peuvent consommer la moitié ou plus de la production primaire. De la même façon, on s'attendrait à ce que le microzooplancton, vu sa petite taille, ait un taux de consommation élevé pour soutenir le taux de croissance et le métabolisme disproportionnellement élevés qui lui sont spécifiques. Si cela reste généralement vrai, l'activité des petits consommateurs ou organismes microhétérotrophes dans la zone pélagique, avec l'insertion apparente dans la chaîne trophique d'étapes supplémentaires ou de branches secondaires, soulève d'importantes questions sur l'efficacité trophodynamique globale de la production du plancton.

La communauté microhétérotrophe comprend les bactéries et le microzooplancton. En général, les bactéries mesurent moins de 1 μm tandis que le microzooplancton est défini comme groupant des organismes qui peuvent passer dans une maille de 200 μm ; il s'agit de divers ciliés, nanoflagellés, sarcodines et stades larvaires de nombreux phylums de métazoaires.

Au cours des quinze dernières années, grâce à l'utilisation de nouvelles techniques de microscopie et de colorants fluorescents facilitant l'identification,

les évaluations de l'abondance des bactéries dans de nombreuses eaux des côtes et des plateaux continentaux sont devenues beaucoup plus précises. Il est courant de dénombrer un million de cellules ou plus par millilitre d'eau. Si des populations naturelles de bactéries aussi abondantes ont une activité métabolique comparable à celle des populations observées dans les cultures en laboratoire, il est possible que ces organismes soient effectivement une composante importante de la production secondaire du plancton. Toutefois, on soutient souvent que le métabolisme des bactéries dans la nature est bas à cause de la rareté des substrats nécessaires à la croissance et que, par conséquent, la plupart des bactéries des eaux marines sont métaboliquement en dormance. Cette question est loin d'être tranchée.

Bon nombre de nouvelles techniques destinées à mesurer l'activité bactérienne ont été mises au point au cours des dix dernières années. Certaines mesurent la vitesse d'assimilation d'un constituant important de la cellule bactérienne comme la thymidine, qui est un précurseur du DNA, ou du substrat de carbone organique dissous provenant des cellules d'algues. D'autres méthodes mesurent la fréquence de la division des cellules bactériennes ou un indice métabolique comme la respiration. Dans bien des cas, les évaluations de l'activité bactérienne ainsi obtenues sont beaucoup plus importantes qu'on ne le pensait antérieurement.

La communauté constituée par le microzooplancton est encore plus hétérogène que celle des bactéries. Dès 1908, Hans Lohmann avait indiqué que le microzooplancton domine souvent dans le plancton animal, mais pendant de nombreuses décennies ses travaux n'ont pas été suivis. Dernièrement, cependant, des méthodes plus méticuleuses de collecte, de conservation et de dénombrement ont été utilisées pour étudier les profils de répartition et d'abondance des organismes. Nous

savons maintenant que, dans les eaux tempérées, la biomasse du microzooplancton est souvent égale à 40 % de la biomasse du macrozooplancton dans les régions côtières aussi bien que dans les régions océaniques, et qu'elle peut parfois lui être supérieure d'un ordre de grandeur. Malgré son importance évidente, le microzooplancton a été très peu étudié expérimentalement. Malheureusement, la plupart des organismes sont peu visibles et trop fragiles pour qu'on réussisse à les manipuler en laboratoire. En tout état de cause, leur taille, leurs habitudes alimentaires et leur mode de reproduction sont tellement variés que les quelques résultats expérimentaux obtenus en laboratoire ne peuvent pas être appliqués à des conditions naturelles. Il s'ensuit donc que le rôle de la communauté microzooplanctonique comme groupe de brouteurs potentiels des petits producteurs primaires est en général évalué de façon indirecte.

Dans le cadre de notre étude sur l'activité microhétérotrophique dans la région des Grands Bancs, nous avons utilisé différentes approches pour séparer les activités des deux composantes de la communauté. À partir de nos données antérieures, nous avons constaté que le phytoplancton dont la taille correspond à celle des bactéries est souvent actif sur les Grands Bancs. De plus, les cellules bactériennes actives capables d'assimiler le glucose et (ou) des acides aminés semblent ne constituer qu'une petite fraction de la population bactérienne totale. Nous avons donc séparé les bactéries du reste du plancton par filtration de l'eau sur des filtres de porosité différente, et mesuré la vitesse de consommation de l'oxygène par les différentes fractions de taille. Nous avons mesuré en même temps l'activité photosynthétique ainsi que l'assimilation du glucose et des acides aminés par les différentes fractions de taille. De cette façon, nous avons pu établir la contribution relative des bactéries et des autres organismes phytoplanctoniques au métabolisme total de la communauté.

Grâce à la méthode de l'absorption de l'oxygène, il devient inutile de mesurer le rendement de la croissance bactérienne, la proportion de la population qui est physiologiquement active

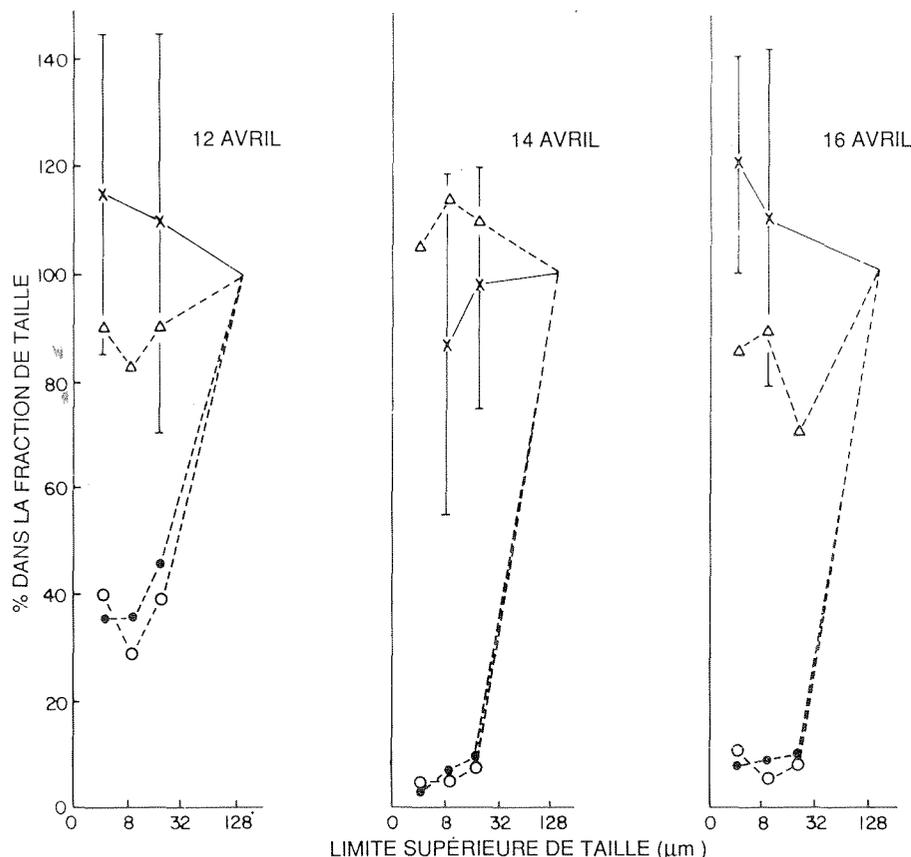


Figure 1. Répartitions cumulatives par taille de la biomasse et de l'activité du plancton dans les échantillons recueillis en avril 1984 près du Platier, sur les Grands Bancs. La taille est définie par celle des pores du filtre qui sert à la filtration de l'eau avant qu'on procède à la mesure de l'activité de la biomasse. Par définition, la classe la plus grande ($\leq 200 \mu\text{m}$) contient tous les organismes, et les classes les plus petites (<5 , <10 , $<20 \mu\text{m}$) une petite partie du total du microplancton. Les propriétés illustrées sont le taux de consommation d' O_2 à l'obscurité (x, les barres représentant un intervalle de confiance de 95 %), la concentration de chlorophylle a (cercles fermés), assimilation du ^{14}C et du CO_2 (cercles ouverts) et la biomasse bactérienne (triangles). Lorsqu'une grande partie d'une propriété est attribuable aux organismes les plus petits, l'erreur statistique aléatoire peut faire que la valeur mesurée pour les fractions de petite taille semble parfois supérieure à 100 % (p. ex. la consommation d' O_2 le 12 avril).

et l'efficacité métabolique des bactéries. Cette méthode offre une réponse directe sur la part des bactéries dans le métabolisme de la communauté. Toutefois, il faut des instruments extrêmement précis pour mesurer les petites fluctuations de la concentration d'oxygène causées par des communautés naturelles de phytoplancton. À l'IOB, nous avons résolu ce problème en construisant un système innovateur de mesure de l'oxygène capable de donner une très grande précision. Cet instrument nous permet de mesurer la consommation de l'oxygène par le microplancton des Grands Bancs, à la température ambiante, avec des incubations de 24 heures ou moins.

À maintes reprises, nous avons pu séparer clairement le métabolisme bactérien du métabolisme phytoplanctonique. Par exemple, la figure 1 montre que, au cours des derniers stades de la

poussée phytoplanctonique printanière, presque tout le métabolisme était attribuable à des organismes dont la dimension nominale était inférieure à $5 \mu\text{m}$. Cette classe de taille couvre presque toute l'activité bactérienne, comme le montre l'assimilation du glucose et des acides aminés à l'obscurité, mais très peu de l'activité du phytoplancton, comme le montre l'assimilation du carbone par photosynthèse. Il est donc raisonnable d'attribuer la plus grande partie du métabolisme de la communauté aux bactéries plutôt qu'au phytoplancton ou à d'autres organismes relativement gros. D'autres mesures effectuées au printemps, en été et à l'automne ont montré que le métabolisme bactérien pouvait s'établir en moyenne à environ la moitié ou plus du métabolisme total du microplancton dans la couche superficielle mixte, et il semble qu'une partie semblable de la

production primaire soit consommée par des bactéries.

L'autre composante de la communauté microhétérotrophe est le microzooplancton, qui se nourrit principalement d'organismes phytoplanctoniques de petite taille. En assimilant la partie du spectre de la biomasse qui n'est pas utilisée efficacement par les crustacés brouteurs de plus grande taille, ils rendent la production de nanoplancton et (probablement aussi de picoplancton) accessible aux organismes brouteurs plus grands comme les copépodes et les larves de poissons.

Pour évaluer l'incidence du broyage de toute la communauté microzooplanctonique sur le phytoplancton, nous avons utilisé une méthode de dilution, mise au point dernièrement, qui limite la manipulation des proies et des prédateurs dans l'eau de mer. La méthode est élégante dans sa simplicité. On prépare plusieurs dilutions d'eau de mer naturelle avec de l'eau de mer filtrée; les dilutions sont incubées à la température ambiante, et on surveille l'éclairement et les variations de la chlorophylle, considérées comme indice de la biomasse du phytoplancton. La série de dilutions diminue les risques de contacts prédateurs-proies entre les populations de microzooplancton et de phytoplancton et réduit la compétition pour les éléments nutritifs dans la population phytoplanctonique. Il est alors possible de calculer la vitesse de croissance du phytoplancton et le taux de mortalité due au broyage à partir des changements observés dans la chlorophylle a, parce que la modification de la chlorophylle à différentes dilutions est en rapport linéaire avec les facteurs de dilution. La pente négative de ce rapport représente le coefficient de broyage du microzooplancton, et la coordonnée sur l'axe des y, c'est-à-dire le broyage nul, donne le taux instantané de croissance du phytoplancton (figure 2). Ces deux coefficients peuvent être utilisés en outre pour calculer le broyage de la biomasse par le microzooplancton et le potentiel de production primaire du phytoplancton.

Les résultats des expériences menées sur les Grands Bancs sont illustrés à la figure 2. Au printemps, la stratification de la colonne d'eau et l'augmentation de l'éclairement produisent une intense efflorescence du phytoplanc-

ton. La chlorophylle atteint des concentrations supérieures à 10 µg /L dans la couche mixte. Les espèces boréales et arctiques de diatomées qui se présentent en chaînes dominent dans le phytoplancton. Près de 85 % de la chlorophylle se trouve chez des espèces dont la taille est supérieure à 20 µm, et dont une grande partie n'est pas utile aux microzooplanctons parce que ces organismes ne peuvent pas consommer en général des cellules aussi grosses. Toutefois, ils consomment chaque jour 25 % environ de la biomasse et de 60 à 80 % de la production phytoplanctonique de moins de 20 µm. Néanmoins, les incidences du broutage sur toute la communauté phytoplanctonique n'étaient respectivement que de 3 % et de 15 % environ de la biomasse et de la production.

En été et à l'automne, la situation est inverse. La biomasse phytoplanctonique est en général inférieure à un microgramme de chlorophylle par litre, et les flagellés de moins de 20 µm prédominent. Les organismes microzooplanctoniques, qui préfèrent les particules alimentaires de cette dimension, consomment alors chaque jour 15 % environ de la biomasse et 35 % de la production primaire.

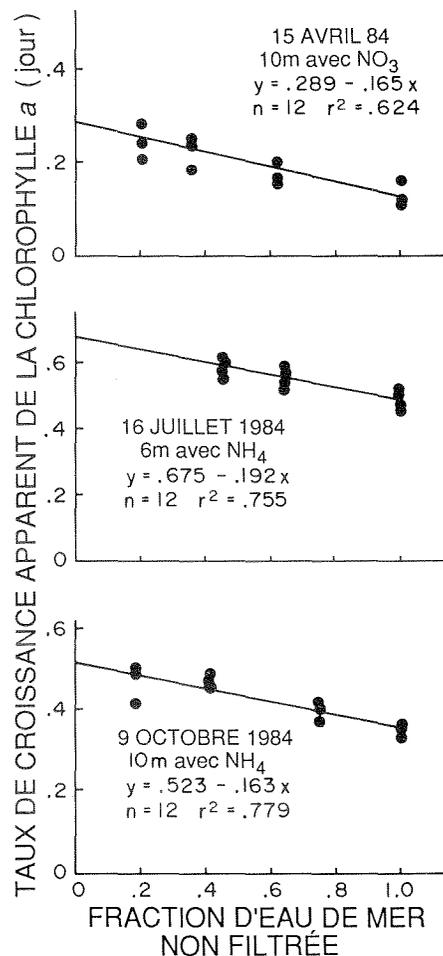
Il semble donc que les bactéries et le microzooplancton peuvent facilement

Figure 2. Rapport entre le taux de croissance apparent de la chlorophylle et le facteur de dilution. Les expériences ont été effectuées au cours de trois saisons différentes. La pente négative définit le coefficient de broutage du microzooplancton et la coordonnée sur l'axe des Y le temps de doublement de la chlorophylle.

prélever environ la moitié de la biomasse et près de 60 à 70 % de la production au printemps, puis 15 à 20 % de plus en été et à l'automne.

Nous ne possédons aucune estimation de la consommation des gros crustacés brouteurs sur les Bancs. Leur biomasse, cependant, semble faible quelle que soit la saison. Par conséquent, l'incidence de leur broutage sur le phytoplancton est probablement faible aussi.

Il est clair maintenant que la notion classique de chaîne trophique linéaire, dans laquelle les gros phytoplanctons sont les principaux producteurs et les grands brouteurs les principaux consommateurs, ne semble pas s'appliquer à l'écosystème des Grands Bancs. À l'exception de quelques semaines au printemps, les petits organismes phytoplanctoniques sont les producteurs dominants et les microhétérotrophes les principaux consommateurs. On ne comprend pas encore clairement la voie par laquelle la production secon-



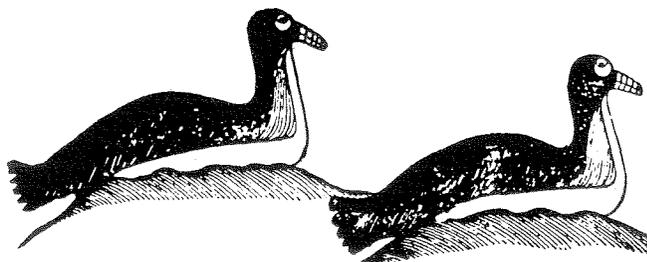
daire des microhétérotrophes est mise à la disposition des niveaux trophiques plus élevés sur les Grands Bancs.

Les oiseaux de mer et les Grands Bancs

R.G.B. Brown

La richesse des Grands Bancs en oiseaux de mer est connue depuis des siècles par les marins et les pêcheurs. Dans l'édition de 1934 de *La grande aventure de Jacques Cartier*, l'auteur rapporte le texte de la « relation origi-

nale » de ce voyage (1534) dans lequel le navigateur décrit ainsi l'« Ile des Oiseaux » (près de Terre-Neuve) : « ... nos deux barques furent à ladite isle pour auoir des ouaiseaulx, desqueulx y a si grant nombre, que c'est vne



Grands pingouins, espèce éteinte depuis 1844 (Croquis tiré de l'ouvrage *The English Pilot*, 4^e livre, qui décrit la navigation entre la baie d'Hudson et le fleuve Amazone, et fut publié à Londres en 1767 ou peut-être plus tôt)

chosse incroyable, qui ne la voyt... Il y en a cent plus à l'environ d'icelle et en l'oir que dedans l'isle, dont partie d'iceulx ouaiseaulx sont grans comme ouays noirs et blancs, et ont le bec comme vng corbin, et sont tousiours en la mer, sans jamais pouvoir voller en l'air pour ce qu'ilz ont de petites ailes, comme la moitié d'vne... Nous noumons iceulx ouaiseaulx « Apponatz » (grands pingouins)... Dauantaigne, y a vne aultre sorte d'ouaiseaulx qui vont en l'air et en la mer, qui sont plus petiz, que l'on nomme « Godez » (petits pingouins). » Selon l'édition de 1728 de *l'English Pilot*, cette même côte se reconnaît aux myriades d'oiseaux présentes sur les Bancs, à savoir : des puffins (puffin majeur et puffin fuligineux *Puffinus gravis* et *P. griseus*), des alcidés : probablement marmette de Troil et marmette de Brünnich *Uria aalge* et *U. lomvia*; le fulmar boréal

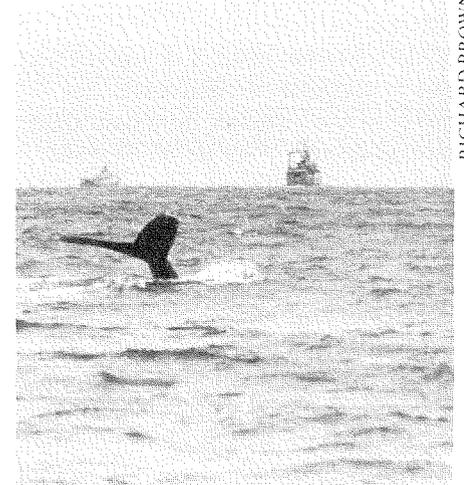
Fulmarus glacialis, des mouettes (probablement mouette tridactyle *Rissa tridactyla*) et des pingouins (grand pingouin *Pinguinus impennis*). Le grand pingouin est éteint depuis 1844, mais toutes les autres espèces s'y trouvent encore aujourd'hui.

Les pêcheurs de cette époque avaient l'habitude d'utiliser les oiseaux de mer à des fins plus immédiates : ils les tuaient pour en faire des appâts ou pour s'en nourrir. Le capitaine J.W. Collins, un redoutable commandant de bateau de Gloucester, décrit de façon colorée les goélettes qui sillonnaient les Bancs au milieu du XIX^e siècle, leurs haubans garnis de rangées de puffins morts prêts à cuire. (Les fins gourmets de Terre-Neuve, dit-il, préféraient les puffins fuligineux aux puffins majeurs). Aujourd'hui, nos préoccupations sont plus humanitaires : elles portent sur les effets réels ou potentiels des activités de l'homme comme les déversements d'hydrocarbures en mer, les noyades massives des alcidés dans des filets maillants et la compétition entre les oiseaux et les pêcheurs pour une même proie, le capelan *Mallotus villosus*.

La plus courte distance entre le rebord ouest des Grands Bancs et la pointe de terre la plus proche est d'environ 60 km, et cette zone est probablement hors de l'aire d'alimentation de la plupart des oiseaux de mer qui nichent en très grandes colonies dans l'est de Terre-Neuve. La majorité des oiseaux que nous voyons sur les Bancs sont de jeunes adultes non reproducteurs, ou des adultes en dehors de la saison de reproduction. Les reprises d'oiseaux bagués jointes à des preuves taxonomiques montrent qu'il s'agit d'une aire où se rassemblent non seulement les membres des colonies atlantiques du Canada, mais aussi des populations qui nichent aussi loin qu'au Groenland, en Union soviétique et dans l'Antarctique. Les puffins majeurs, les puffins fuligineux et les pétrels océanites *Oceanites oceanicus*, qui envahissent les Grands Bancs en été, fuient l'hiver de l'hémisphère sud; ils nichent, respectivement, dans l'archipel Tristan da Cunha, dans les Falklands et dans l'Antarctique. D'après les études de baguage, il semble que la plupart des jeunes macareux moines *Fratercula arctica* nouvellement emplumés, provenant du sud-ouest de l'Islande, qui est

le plus grand centre de reproduction de l'espèce, migrent directement vers les eaux de Terre-Neuve. Là, ils se mêlent probablement aux macareux des colonies du sud-est de Terre-Neuve. Les mouettes tridactyles qui passent l'hiver sur les Bancs comprennent des oiseaux provenant de l'ouest du Groenland, de la Grande-Bretagne, du Spitzberg et de l'ouest de l'Arctique soviétique. Les mergules nains *Alle alle* viennent du nord-ouest du Groenland, et les marmettes de Brünnich de colonies du détroit de Lancaster, du détroit d'Hudson ainsi que de l'ouest et de l'est du Groenland. Ces migrations compliquées et lointaines ont des incidences claires sur la conservation et la gestion des oiseaux de mer dans les eaux canadiennes. Toute modification du milieu marin des Grands Bancs induite par l'homme peut toucher les populations qui nichent à des milliers de kilomètres de là.

Le dénombrement des oiseaux de mer ne peut s'effectuer avec certitude que dans leur aire de reproduction, et il est difficile d'évaluer l'effectif non reproducteur sur les Bancs. Nous pouvons toutefois en évaluer l'ordre de grandeur. La population mondiale des puffins majeurs et la population de mergules nains du nord-ouest du Groenland dépassent respectivement 5 millions et 14 millions d'oiseaux; tous ces oiseaux visitent probablement les Grands Bancs à une saison ou une autre, tout comme d'ailleurs les quelque 4 millions de marmettes de Brünnich des colonies de l'Arctique ainsi qu'une partie des 1,5 million de marmettes de Troil et des 0,8 million de macareux de l'est de Terre-Neuve. À en juger d'après ces données incomplètes, la biomasse totale des oiseaux de mer sur les Grands Bancs s'élève au moins à 10 000 t. Selon un calcul préliminaire, les espèces ichtyophages prélèvent chaque année un total de 250 000 tonnes de poisson, surtout du capelan, dans les eaux combinées des Grands Bancs et de l'est de Terre-Neuve. Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que la consommation annuelle de capelan par le rorqual commun *Balaenoptera physalus* et le phoque du Groenland *Pagophilus groenlandicus* dans les eaux de Terre-Neuve, et des prises maximales de la pêche hauturière des années 1970. Elles sont inférieures



RICHARD BROWN

Rorqual à bosse sur les Bancs de Terre-Neuve; on aperçoit à l'arrière-plan deux des nombreux bateaux qui pêchaient alors le capelan dans la région.

d'un ordre de grandeur au prélèvement annuel total dû à la morue de l'Atlantique *Gadus morhua*.

Les oiseaux de mer se retrouvent partout sur les Grands Bancs, comme l'ont souligné bien des auteurs. Toutefois, les observations quantitatives modernes faites à partir des navires de l'IOB et d'autres navires de recherche montrent que leur répartition est souvent très inégale. Les mergules nains, par exemple, qui sont très communs sur les talus est et sud-ouest, sont relativement peu abondants sur le « plateau » principal du Grand Banc. Lorsque les puffins majeurs arrivent, à la fin de mai, ils forment de très grandes volées bien localisées sur le Platier, près de l'extrémité sud. D'autre part, en dehors de la saison de reproduction, les marmettes sont réparties assez également sur tout le « plateau ». Évidemment, c'était aussi le cas pour le grand pingouin.

Comme on peut s'y attendre, cette répartition irrégulière reflète la distribution des proies et, de façon plus ou moins directe, les facteurs océanographiques et autres qui la régissent. Au plus simple niveau, la répartition des oiseaux dont l'alimentation est peu spécialisée, comme le fulmar et la mouette tridactyle, est déterminée en grande partie par les activités des flottes de pêche dont ils récupèrent les débris. Les mergules nains, en revanche, sont des oiseaux de mer beaucoup plus spécialisés; ils se nourrissent du zooplancton qui se trouve à proximité de

la surface. Non seulement la densité de cette proie sur le bord des Bancs est-elle élevée, mais il semble qu'elle soit poussée dans les couches superficielles et qu'elle s'y concentre par suite du mouvement ascendant des eaux le long du talus. Il est probable que les mergules nains maximisent l'efficacité de leur alimentation en trouvant leur nourriture dans cette zone. Les puffins se nourrissent de poissons, de calmars et des grands organismes zooplanctoniques, mais ils sont mal adaptés à la plongée; c'est sans doute seulement dans les parties peu profondes des Bancs comme les Virgin Rocks et le Platier qu'ils peuvent atteindre le fond. Plus spécifiquement, leur arrivée sur le Platier semble coïncider avec celle des très grands bancs de capelans qui fraient à cet endroit. Pour ces oiseaux, le poisson semble être un apport alimentaire qui leur permet de se suralimenter pendant qu'ils muent et refont leurs réserves énergétiques, épuisées pendant la période de reproduction et leur longue migration depuis l'Atlantique sud. Par opposition, les marmettes sont d'excellents plongeurs, capables d'atteindre des profondeurs de plus de 100 m — pro-

fondeur maximale de l'eau sur la plus grande partie du « plateau ». Théoriquement, ces oiseaux peuvent donc chasser le poisson dans toutes les eaux des Grands Bancs.

Le but ultime visé par les recherches du Service canadien de la faune sur les oiseaux de mer des Grands Bancs est de comprendre la place qu'ils occupent dans l'écosystème des Bancs pris dans son ensemble. Depuis 1969, nous accumulons des données quantitatives sur leur répartition, et nous pouvons raisonnablement affirmer que nous savons à peu près où se trouvent les oiseaux à n'importe quelle saison. Mais, comme le montrent les interprétations essentiellement qualitatives de ces distributions, nous commençons à peine à comprendre leur écologie pélagique. Nous pouvons toutefois faire certaines prévisions qui devront être vérifiées et définir les problèmes en vue de recherches futures. Par exemple, il semblerait y avoir une association entre les mergules nains et la remontée des eaux sur le rebord du plateau. Grâce à l'imagerie satellitaire, il est possible de localiser ces zones. Ces remontées d'eaux possèdent-elles des propriétés biologiques quantitatives ou qualita-

tives communes, comme une densité locale élevée de copépodes, ou une communauté distincte d'organismes zooplanctoniques? Dans l'affirmative, dans quelle mesure ces propriétés correspondent-elles aux besoins alimentaires quantitatifs et qualitatifs du mergule nain? Cet oiseau est-il invariablement associé à ces zones? Il serait intéressant de comparer, à titre informatif, les caractéristiques physiques et biologiques d'une remontée d'eaux qui est utilisée par les mergules nains à une autre qui ne l'est pas. Dans quelle mesure les fluctuations saisonnières de la répartition et de la biomasse du zooplancton influencent-elles l'arrivée des oiseaux sur les Grands Bancs et leur départ? Nous espérons que le projet de modélisation de l'écosystème des Grands Bancs, décrit dans le présent chapitre, et auquel nos recherches sur les oiseaux de mer sont intégrées, permettra de répondre à ces questions.

Références

POULIOT, J.C., 1934. La grande aventure de Jacques Cartier. La documentation québécoise, Éditeur officiel du Québec.

Cartographie des Grands Bancs et des régions limitrophes

Il n'y a pas très longtemps que le Canada s'occupe de levés hydrographiques et de cartographie dans la région des Bancs et de l'île de Terre-Neuve. Le Service hydrographique du Canada y a bien effectué quelques levés pendant la deuxième Guerre mondiale, mais c'est seulement en 1949, lorsque Terre-Neuve devint une province et que ses eaux territoriales formèrent la limite orientale du Canada, que cette

zone entra dans le mandat du Service. Jusque-là, c'est principalement l'Amirauté britannique qui s'était occupée de cartographier la région. La couverture hydrographique de la côte était suffisante pour répondre aux besoins du commerce de l'île, qui se faisait surtout par eau et à l'aide de navires beaucoup plus petits que ceux d'aujourd'hui. Les cartes de l'Amirauté sont remarquablement précises pour leur temps, mais elles ne

répondent plus aux besoins actuels de la navigation. Au cours des années 1950, le SHC a pris la responsabilité de la mise à jour de ces cartes, qui sont maintenant publiées par le Canada (figure 1).

La première carte canadienne des eaux de Terre-Neuve, qui couvrait la baie Mortier, a été produite en 1941 à partir de données relevées à la hâte. Le port avait été retenu comme lieu de ren-

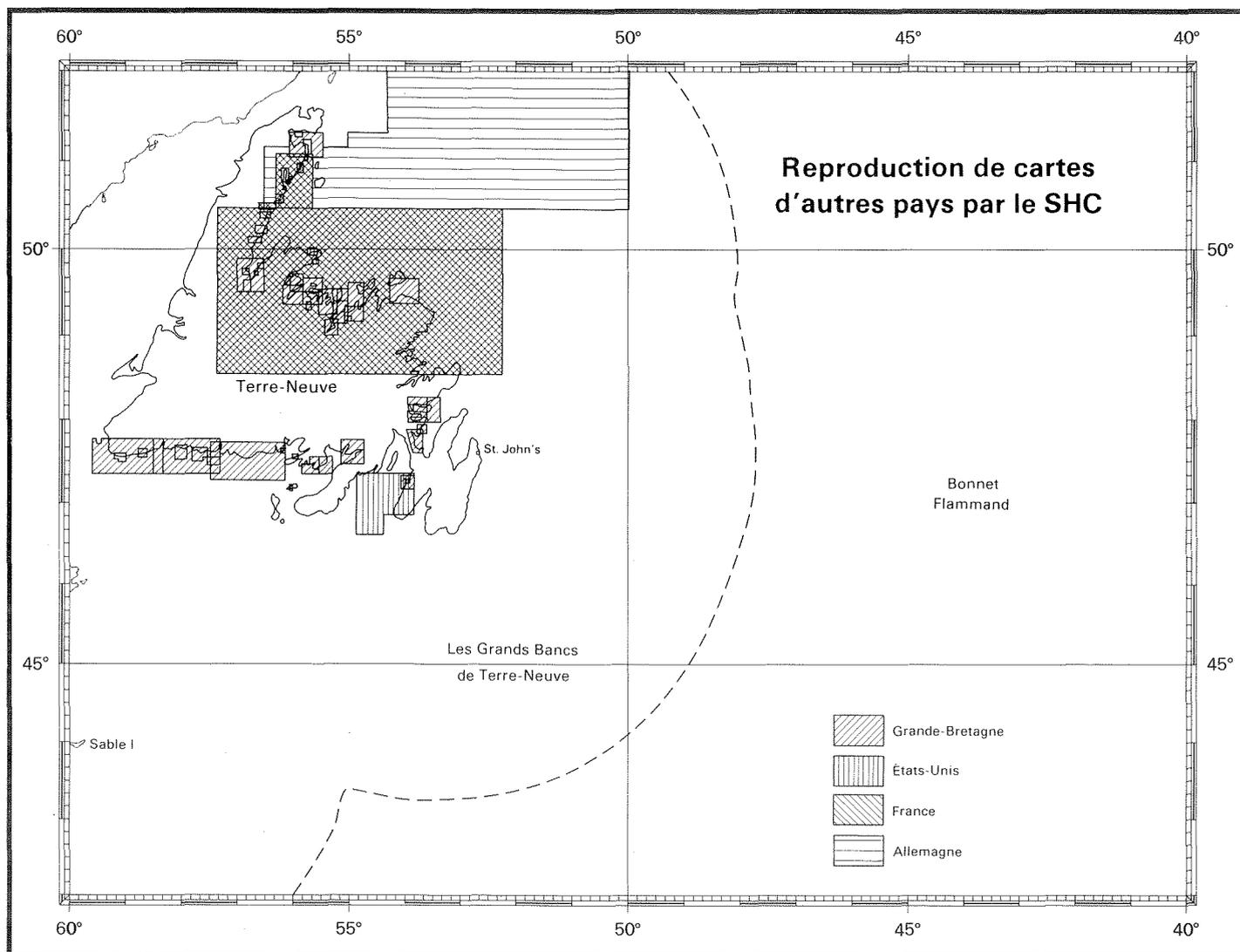


Figure 1. Cartes des eaux de Terre-Neuve préparées par d'autres pays et reproduites par le Service hydrographique du Canada

contre possible entre le premier ministre Churchill et le président Roosevelt, et l'Amirauté jugeait que le dernier levé, qui datait de 1876, n'était pas suffisant pour permettre l'entrée de navires de guerre dans la baie. Pendant la deuxième Guerre mondiale, le SHC a également effectué des levés et établi des cartes de Bay Bulls (sur la côte est de la presqu'île Avalon), où avait été construits une cale destinée aux navires de guerre canadiens, ainsi que les ports actifs que constituaient St. John's, Harbour Grace et Holyrood.

Depuis 1949, Terre-Neuve a beaucoup changé. Les flottilles de goélettes qui « faisaient les Bancs » ont été remplacées par une flotte moderne de chalutiers, les ports isolés ont été fermés et des routes ont été construites, et l'économie est maintenant fondée sur l'exportation des ressources, ce qui a modifié tout le

transport maritime dans les eaux de la province. Ces changements, et bien d'autres, rendent nécessaire l'établissement de cartes marines nouvelles et précises basées sur des levés hydrographiques récents (figure 2).

Avec l'exploitation du champ pétrolier Hibernia, la navigation sur la côte sud-est de Terre-Neuve va encore être modifiée. St. John's est au centre de la prospection des ressources naturelles sur les Grands Bancs. Ses quais, où venaient mouiller les flottilles de pêche étrangères, se sont agrandis pour avitailler les plates-formes de forage et les bateaux de prospection sismique. Pendant l'équipement et la mise en production des gisements d'Hibernia, St. John's restera au cœur de cette activité.

Un certain nombre d'autres ports naturels de la baie Placentia offrent

des possibilités pour la phase de pré-production du champ Hibernia, à cause de leur situation et de leur rade accessible toute l'année. Le chantier naval de Marystown, situé dans la baie Mortier, sur le flanc ouest de la baie Placentia, a déjà contribué à la phase d'exploration en construisant des navires ravitailleurs et en équipant des plates-formes ancrées dans les environs. À l'heure actuelle, un chantier de réparation de plates-formes est en construction à l'extrémité orientale de la baie Mortier.

Arnold's Cove, près de Come By Chance, au fond de la baie Placentia, semble un site intéressant pour la construction d'une plate-forme fixe. On peut penser que l'ancienne base américaine d'Argentia va connaître un regain d'activité dans les années qui viennent. Ce port sert déjà de base secondaire

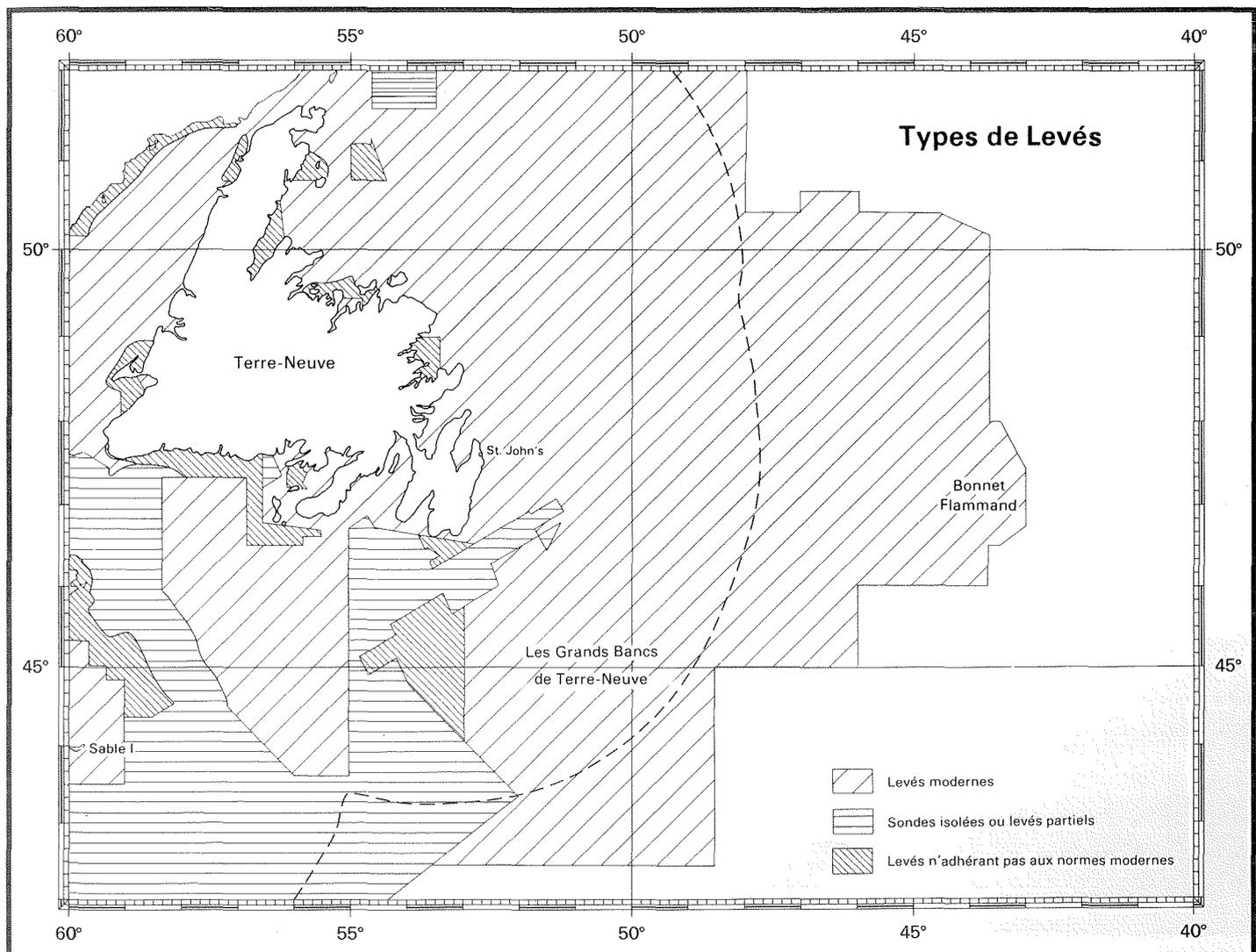


Figure 2. Présentation sommaire des levés du Service hydrographique du Canada dans la région des Grands Bancs

d'avitaillement, et les plates-formes de forage sont généralement mouillées dans cette région lorsque les glaces envahissent les Grands Bancs au printemps.

En 1980, la région de l'Atlantique du Service hydrographique du Canada (SHC, Atlantique) lançait un programme concernant la production de nouvelles cartes des Bancs et des côtes de Terre-Neuve. Ces cartes sont conçues de façon à assurer une couverture à même échelle que les cartes adjacentes; lorsque le programme sera terminé, le nombre total de cartes couvrant la région sera réduit. Les profondeurs sont représentées par isobathes, et les sondages sont indiqués en mètres et en décimètres. Par ailleurs, conformément à la politique du gouvernement fédéral, toutes les données sont indiquées à la fois en anglais et en français.

Après la production d'une carte, il est nécessaire de la réviser dès qu'une modification est apportée à l'information qu'elle présente, afin d'en informer le monde de la navigation. Il peut s'agir de dangers comme les épaves ou

les hauts-fonds nouvellement signalés, ou de changements apportés par la Garde côtière canadienne aux aides à la navigation (bouées, feux, cornes de brume, etc.). Les données nouvelles peuvent aussi concerner les terminaux maritimes, les cales sèches ou les chemaux dragués. La mise à jour des cartes fait l'objet d'un programme bien établi, et les modifications sont annoncées chaque semaine dans les Avis aux navigateurs qui sont publiés par le ministère fédéral des Transports.

Les modifications physiques importantes subies par la ligne de côte ou les fonds marins doivent d'abord faire l'objet de levés, et le SHC, Atlantique a établi un programme de levés de révision, qui concerne des modifications comme la construction du chantier de réparation de plates-formes de la baie Mortier, l'établissement d'un nouveau portique synchronisé ou des modifications de la profondeur des bassins dans le port de St. John's.

C'est en 1957 que le Canada a commencé à cartographier les Bancs de Terre-Neuve. Avant cette date, on uti-

lisait généralement les cartes établies par l'Amirauté britannique à partir de levés datant du XIX^e siècle. La mise au point dans les années cinquante du système Decca classique, installé à bord des navires, a permis pour la première fois d'effectuer un relevé des Grands Bancs à l'aide d'un système terrestre de positionnement horizontal. Les résultats de ce levé, publiés en 1959 par le SHC, présentaient les données les plus exactes jamais recueillies sur la position des Virgin Rocks et des Roches de l'Est, qui sont les hauts-fonds les plus dangereux pour la navigation sur les Bancs. Par la suite, de 1963 à 1966, des levés ont été réalisés à l'aide du système Decca/Lambda, système de conception différente mais plus précis. Ces levés ont apporté suffisamment d'information pour permettre la publication en 1969 de la première carte canadienne des Bancs de Terre-Neuve. Avec l'établissement des systèmes de positionnement de grande précision Loran-C, Hi-Fix et MRS, au début des années soixante-dix, il a été possible de procéder à un levé plus détaillé des Virgin Rocks et des Roches de l'Est.

En vertu d'une entente passée en 1975 avec le ministère fédéral de l'Énergie, des Mines et des Ressources, le SHC et le Centre géoscientifique de l'Atlantique à l'IOB devenaient conjointement responsables de levés multiparamétriques des eaux de la région. Ces levés établissent simultanément des profils bathymétriques, gravimétriques et magnétiques. Les données recueillies servent de nombreux utilisateurs grâce aux informations publiées sous forme de cartes marines, de cartes destinées aux pêches, de cartes des ressources naturelles, de cartes de la Série nationale de la science de la terre, et enfin de la série internationale des Cartes générales bathymétriques des océans (GEBCO).

Pour ces levés, les navires hydrographiques suivent des routes parallèles à intervalles de 1 à 20 milles marins. À la suite de levés détaillés des eaux entourant l'île de Sable, les levés multiparamétriques ont été étendus en 1984 à des lignes distantes de 10 milles entre l'île de Sable et les Grands Bancs. En 1985, on a obtenu des sondages bathymétriques plus détaillés du banc Saint-Pierre, au sud de Terre-Neuve. Les travaux suivants consisteront à recueillir



ROGER BELANGER

Le phare du cap Spear, à Terre-Neuve, la plus orientale des aides à la navigation en Amérique du Nord.

des données bathymétriques permettant de délimiter officiellement le rebord du plateau au-delà de la zone canadienne de gestion des ressources de 200 milles, selon l'article 76 du Traité sur le droit de la mer.

Le ministère fédéral des Transports, à la fin de décembre 1983, a commandé l'installation d'un transmetteur Loran-C à Fox Harbour (Labrador). Cette installation permettait d'établir la chaîne de la mer du Labrador (qui remplaçait la chaîne de l'Atlantique nord), avec station principale à Fox Harbour et stations asservies à Angissoq (Groenland) et au cap Race (Terre-Neuve). La couverture du Loran-C était ainsi étendue de l'est de Terre-Neuve jusqu'au Grand Banc, et la chaîne de la côte est du Canada, dont Fox Harbour constitue une station asservie, a été améliorée sur les côtes sud et ouest de

Terre-Neuve.

Pour respecter son mandat, le SHC doit intégrer les grilles du Loran-C sur une vingtaine de cartes à grande échelle des eaux côtières et sur une dizaine de cartes à plus petite échelle des eaux du large, ou destinées à la pêche. Les cartes des eaux du large, qui sont à l'échelle du 350 000^e ou à plus petite échelle, présentent les données de réception prévues. Toutefois, sur les cartes à plus grande échelle, il est difficile de prévoir avec suffisamment de précision la correction pour le passage au-dessus des zones terrestres.

En juillet 1984, les hydrographes ont travaillé pendant trois semaines, à bord du navire de la Garde côtière canadienne *Bernier*, à faire de l'étalonnage dans la région cap Race-cap Freels-Virgin Rocks. Le système de localisation par satellite NAVSTAR a

servi de référence pour établir la position exacte des lignes du réseau Loran-C. Ces données, combinées aux mesures faites aux points d'étalonnage le long de la côte, permettront de représenter les grilles avec une erreur maximum de moins de 3 mm à l'échelle de la carte.

La première de ces nouvelles cartes, allant du cap Pine au cap St. Mary's, a été produite en 1982. Des cartes adjacentes allant du cap Pine jusqu'à Bay Bulls ont par la suite été publiées, et des cartes générales allant jusqu'aux Virgin Rocks seront diffusées vers le milieu de 1986 (figure 3).

— R. Pietrzak

Région de l'Atlantique

Service hydrographique du Canada

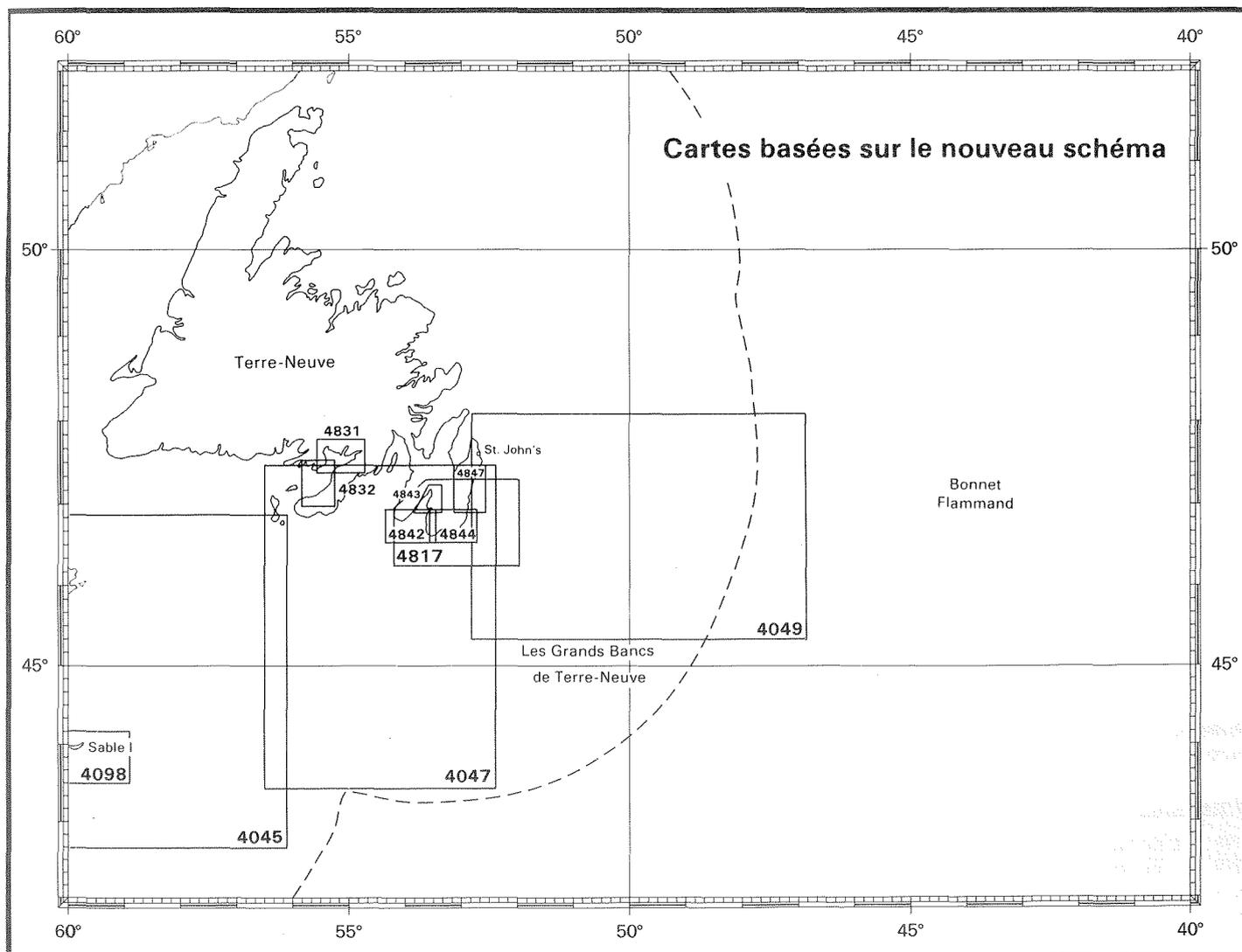


Figure 3. Nouvelles cartes publiées par le Service hydrographique du Canada dans la région des Grands Bancs de Terre-Neuve

Cartes et publications

CARTES

Le bureau de la région de l'Atlantique du Service hydrographique du Canada possède un effectif de 27 cartographes chargés d'établir 424 cartes de navigation qui couvrent la côte est du Canada, du banc de Georges au détroit du Prince-de-Galles, dans l'Arctique.

Les cartes se répartissent en trois catégories. Une nouvelle carte est la première carte qui décrit une région à une échelle donnée ou qui couvre une zone différente de ce que présentent des cartes existantes. Ce type de carte a maintenant une nouvelle présentation, avec isobathes suivant le système métrique, et elles sont bilingues. Une nouvelle édition est une carte déjà existante mais présentant des données nouvelles et des modifications rendues publiques dans les *Avis aux navigateurs*. Elle peut par exemple présenter une nouvelle grille Loran-C lorsque la couverture du système de navigation a été augmentée, ou indiquer l'emplacement de nouveaux terminaux maritimes, ou représenter une nouvelle frontière internationale, comme c'est le cas sur le banc de Georges. Quant aux réimpressions, il s'agit de la reprise d'une édition actuelle qui intègre les modifications rendues publiques dans les *Avis aux navigateurs*.

En 1984, le SHC, Atlantique a encore produit un certain nombre de cartes. Outre les nouvelles cartes et les nouvelles éditions énumérées plus bas, il a publié, à partir de l'examen de 10 000 articles, 93 modifications de cartes et 15 annexes graphiques, par le biais des *Avis aux navigateurs*.

Nouvelles cartes

- 4098 Île de Sable (quartier est)
- 4099 Île de Sable (quartier ouest)
- 4844 Cape Pine à Renew's Harbour
- 4845 Renew's Harbour à Motion Bay
- 5042 Cutthroat à Quaker Hat
- 5043 Quaker Hat à Cape Chidley
- 5047 Hopedale
- 5373 Approches de George River

Nouvelles éditions

- 4315 Port de Sydney
- 4316 Port d'Halifax
- 4364 Beaver Harbour
- 4391 Rivière LaHave
- 4392 Port de Sydney (bras sud)
- 4447 Ports de Pomquet et Tracadie
- 4614 Port d'Argentia

Nouvelles éditions (Loran-C)

- 4128 Approches du port de Saint-Jean
- 4340 Grand Manan
- 4385 Osborne Head à Betty Island
- 4486 Baie des Chaleurs
- 4574 Approches de St. John's

PUBLICATIONS

Voici une liste alphabétique, par auteurs, des ouvrages publiés par l'Institut en 1984, y compris certaines publications antérieures qui n'avaient pas été indiquées dans les revues précédentes. On y trouve des articles qui ont paru dans des périodiques scientifiques et hydrographiques, des livres, des comptes rendus de congrès et diverses séries de rapports techniques. Pour de plus amples renseignements sur ces publications, veuillez vous adresser au Service des publications, Institut océanographique de Bedford, C.P. 1006, Dartmouth (Nouvelle-Écosse), Canada, B2Y 4A2.

ADDISON, R.F. 1984. Hepatic mixed function oxidase (MFO) induction in fish as a possible biological monitoring system. *Contaminant Effects on Fisheries*; Eds. V.W. Cairns *et al.* New York; John Wiley and Sons, Inc.: 51-60.

ADDISON, R.F., DOE, K., and EDWARDS, A. 1984. Effects of oil based drilling mud cuttings on winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*): Absence of acute toxicity or mixed function oxidase induction. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 1307.

ADDISON, R.F. 1984. Marine ecotoxicological testing in Canada — a personal assessment. *In Ecotoxicological Testing for the Marine Environment*; Eds. G. Persoone *et al.* State University of Ghent and Institute for Marine Scientific Research, Bredene, Belgium: 163-177.

ADDISON, R.F. 1984. Organohalogen compounds. *In Health of the Northwest Atlantic* [A report to the Interdepartmental Committee on Environmental Issues]; Eds. R.C.H. Wilson and R.F. Addison. Department of the Environment/Department of Fisheries and Oceans/ Department of Energy, Mines and Resources: 77-84.

ADDISON, R.F. 1984. River input of pollutants to the western North Atlantic. *In Health of the Northwest Atlantic* [A report to the Interdepartmental Committee on Environmental Issues]; Eds., R.C.H. Wilson and R.F. Addison. Department of the Environment/Department of Fisheries and Oceans/Department of Energy, Mines and Resources: 42-43.

ADDISON, R.F., and BRODIE, P.F. 1984. Characterization of ethoxyresorufin O-De-Ethylase in grey seals (*Halichoerus grypus*). *Comparative Biochemistry and Physiology* 79C(2): 261-263.

ADDISON, R.F., BRODIE, P.F., ZINCK, M.E., and SERGEANT, D.E. 1984. DDT has declined more than PCBs in eastern Canadian seals during the 1970's. *Environmental Science and Technology* 18(12): 935-937.

ALAM, M., PIPER, D.J.W., and COOKE, H.B.S. 1983. Late Quaternary stratigraphy and paleo-oceanography on the Grand Banks continental margin, eastern Canada. *Boreas* 12: 253-261.

AMOS, C.L. and KING, E.L. 1984. Bedforms of the Canadian Eastern Seaboard: A comparison with global occurrences. *In Sedimentation On High-Latitude Continental Shelves*; Eds. B.D. Bornhold and A. Guilcher. *Marine Geology* 57(1/4): 167-208.

ANDERSEN, F.O. and HARGRAVE, B.T. 1984. Effects of *Spartina* detritus enrichment on aerobic/anaerobic benthic metabolism in an intertidal sediment. *Marine Ecology — Progress Series* 16(1/2): 161-171.

ANDREWS, D. and HARGRAVE, B.T. 1984. Close interval sampling of interstitial silicate and porosity in marine sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48: 711-722.

ASCOLI, P. 1984. Epistominid biostratigraphy across the Jurassic-Cretaceous boundary on the northwestern Atlantic Shelf. *In Benthos '83: International Symposium on Benthic Foraminifera* (2nd: 1983: Pau, France); Ed. H.J. Oertli. Pau et Bordeaux; The Conference: 27-34.

ASPREY, K.W. and JOHNSTON, B.L. 1984. Report on CSS *Hudson* Cruise 83-028, Baffin Island Fjords. Geological Survey of Canada, Open file Report 1004.

AUFFRET, G., BUCKLEY, D., LAINE E., SCHUTTENHELM, R. SEARLE, R., and SHEPHARD, L. 1984. NEA seabed working group status on site qualification for nuclear waste disposal within deep-sea sediment. Albuquerque, N.M.; Sandia National Laboratories, SAND 83-2037: 64 p.

- AUFFRET, G., BUCKLEY, D., LAINE, E., SCHUTTENHELM, R., SEARLE, R., and SHEPHARD, L. 1984. Site qualification studies. In Seabed Disposal of High-Level Radioactive Waste; A Status Report on the NEA Coordinated Research Programme. Paris; Nuclear Energy Agency, Organization for Economic Cooperation and Development: 13-93.
- BANKE, E.G. and SMITH, S.D. 1984. A hindcast study of iceberg drift on the Labrador Coast. Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences No. 49.
- BARRIE, J.V., LEWIS, C.F.M., FADER, G.B., and KING, L.H. 1984. Seabed processes on the northeastern Grand Banks of Newfoundland: Modern reworking of relict sediment. In Sedimentation on High-Latitude Continental Shelves; Eds. B.D. Bornhold and A. Guilcher. *Marine Geology* 57(1/4): 209-227.
- BATES, S.S. and PLATT, T. 1984. Fluorescence induction as a measure of photosynthetic capacity in marine phytoplankton: Response of *Thalassiosira pseudonana* (Bacillariophyceae) and *Dunaliella tertiolecta* (Chlorophyceae). *Marine Ecology — Progress Series* 18(1/2): 67-77.
- BELL, 1984. Dynamics of oil and gas accumulations, by A. Perrodon (Book Review). *Episodes* 7 (1): 72-73.
- BENOIT, J., EL-SAHB, M.I., and TANG, C.L. 1985. Structure and seasonal characteristics of the Gaspé current. *Journal of Geophysical Research* 90 (C2): 3225-3236.
- BEZANSON, D. and VANDALL, P.E., Jr. 1984. An investigation of surface drift on the Labrador Coast. Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences No. 51.
- BIRKHEAD, T.R., GREENE, E., BIGGINS, J.D., and NETTLESHIP, D.N. 1984. Breeding site characteristics and reproductive success in Thick-billed Murres (*Uria lomvia*). Canadian Wildlife Service Studies on Northern Seabirds, Manuscript Report 178.
- BIRKHEAD, T.R., KAY, R., and NETTLESHIP, D.N. 1985. A new method for estimating the survival rates of the Common Murre. *Journal of Wildlife Management* 49: 496-502.
- BIRKHEAD, T.R. and NETTLESHIP, D.N. 1984. Alloparental care in the Common Murre (*Uria aalge*). *Canadian Journal of Zoology* 62: 2121-2124.
- BIRKHEAD, T.R. and NETTLESHIP, D.N. 1984. Egg size, composition and offspring quality in some *Alcidae* (Aves: Charadriiformes). *Journal of Zoology* 202 (2): 177-194.
- BIRKHEAD, T.R. and NETTLESHIP, D.N. 1984. Plumage variation in young razorbills (*Alca torda*) and murrelets (*Uria* species) in eastern Canada. Canadian Wildlife Service Studies on Northern Seabirds, Manuscript Report 175.
- BIRKHEAD, T.R. and NETTLESHIP, D.N. 1984. Food intake and weight increments of Common Guillemot chicks (*Uria aalge*): A comment. *Ibis* 126: 421-422.
- BISHOP, C.A. and GAVARIS, S. 1984. Analysis of cod stocks in NAFO Division 2GH. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, Research Document 84/68.
- BISHOP, C.A., GAVARIS, S., and BAIRD, J.W. 1984. Assessment of the cod stock in NAFO Divisions 3NO. Northwest Atlantic Fisheries Organization, Scientific Council Research Document 84/VI/52.
- BISHOP, C.A., GAVARIS, S., and BAIRD, J.W. 1984. An assessment of the cod stock in Subdivision 3Ps. Northwest Atlantic Fisheries Organization, Scientific Council Research Document 84/VI/53.
- BLASCO, S.M. 1984. A perspective on the distribution of subsea permafrost on the Canadian Beaufort continental shelf. In Permafrost; International Conference (4th; 1983; Fairbanks, AK); Final Proceedings. Washington; National Academy Press: 83-86.
- BOWEN, A.J., NORMARK, W.R., and PIPER, D.J.W. 1984. Modelling of turbidity currents on Navy Submarine Fan, California Continental Borderland. *Sedimentology* 31 (2): 169-185.
- BRANDON, E.W. and YEATS P.A. 1984. Contaminant transport through the marine environment. In Health of the Northwest Atlantic [A report to the Interdepartmental Committee on Environmental Issues]; Eds. R.C.H. Wilson and R.F. Addison. Department of the Environment/ Department of Fisheries and Oceans/Department of Energy, Mines and Resources: 44-55.
- BRODIE, P.F. 1984. A surface area or thermal index for marine mammal energetic studies. *Acta Zoologica Fennica* 172: 153-155.
- BRODIE, P.F. 1984. Review of status of knowledge of marine mammal energetics. University of Alaska, Alaska Sea Grant Report 84-1.
- BRODIE, P.F. 1984. White Whales. In The Encyclopedia of Mammals; Ed. D. Macdonald, New York; Facts on File Publications: 200-203.
- BROWN, R.G.B. 1984. Seabirds in the Greeland, Barents and Norwegian Seas, February-April 1982. *Polar Research* 2: 1-18.
- BROWN, R.G.B. and NETTLESHIP, D.N. 1984. The seabirds of northeastern North America: Their present status and conservation requirements. In Status and Conservation of the World's Seabirds; Eds. J.P. Croxall et al. International Council for Bird Preservation, Technical Publication 2: 85-100.
- BROWN, R.G.B. and NETTLESHIP, D.N. 1984. Capelin and seabirds in the Northwest Atlantic. In Marine Birds: Their Feeding Ecology and Commercial Fisheries Relationships; Eds. D.N. Nettleship et al. Ottawa; Canadian Wildlife Service: 184-194.
- BUCKLEY, D.E. 1984. Hai yang ke xue zhong de duo zue ke yan jiu, guojia hai yang ju di er hai yang yan jiu suo bian yi (Multidisciplinary studies in marine sciences) translated by Second Institute of Oceanography, National Bureau of Oceanography. Beijing: Hai Yang Chu Ban She (China Ocean Press); 115 p.
- BUCKLEY, D.E. 1984. Silicon Geochemistry and Biogeochemistry [Book Review]. *Geoscience Canada* 11(2): 97-98.
- BUCKLEY, D.E. 1984. Southern Nares abyssal plain. In International NEA/Seabed working group meeting (8th; 1983; Varese, Italy); Ed. D.R. Anderson. Sandia National Laboratories, SAND-83-2122: 57-70.
- BUCKLEY, D.E., YU GUOHUI, CHEN WEIYUE, LIN YIAN, HUANG DEPEI, ZHY FENG-GUAN, ZHU JIANXIN. 1983. Initial investigation of the geochemistry of surficial sediments on the submarine Changjiang River Delta. Proceedings of International Symposium on Sedimentation on the Continental Shelf with special reference to the East China Sea. China Ocean Press — Springer Verlag: 752-762.
- BUCKLEY, D.E., and WINTERS, G.V. 1983. Geochemical transport through the Miramichi Estuary. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40(2) (Supplement): 162-182.
- BUERKLE, U. 1984. Calibration of time-varied gain sounder receivers. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 1298.
- BUGDEN, G.L. 1985. Oceanographic observations from the Bay of Fundy for the pre-operational environmental monitoring program for the Point Lepreau, N.B., nuclear generating station. Canadian Data Report of Hydrography and Ocean Sciences No. 27.
- BUJAK, J.P. 1984. Cenozoic dinoflagellate cysts and acritarchs from the Bering Sea and northern North Pacific, DSDP Leg 19. *Micropaleontology* 30(2): 180-212.
- CAMPANA, S.E. 1984. Comparison of age determination methods for the starry flounder. *Transactions of the American Fisheries Society* 113 (3): 365-369.
- CAMPANA, S.E. 1984. Lunar cycles of otolith growth in the juvenile starry flounder, *Platichthys stellatus*. *Marine Biology* 80 (3): 239-246.
- CAMPANA, S.E. 1984. Microstructural growth patterns in the otoliths of larval and juvenile starry flounder, *Platichthys stellatus*. *Canadian Journal of Zoology* 62 (8): 1507-1512.

CAMPANA, S.E. and SIMON, J. The 4X cod fishery: A biological update. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, Research Document 84/83.

CAMPBELL, J.A. and YEATS, P.A. 1984. Dissolved chromium in the St. Lawrence estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 19(5): 513-522.

CARROTHERS, P.J.G. 1984. Canadian activity report, 1983, to ICES Fish Capture Committee. In International Commission for the Exploration of the Sea, Document C.M. 1984/B:1.

CLARKE, R.A. 1984. Changes in the western North Atlantic during the decade beginning in 1965. International Commission for the Exploration of the Sea, Document C.M. 1984/Gen: 17.

CLARKE, R.A. 1984. Transport through the Cape Farewell — Flemish Cap section. In Hydrobiological Variability in the North Atlantic and Adjacent Seas; Eds. J. Meinke et al. *Rapports et Procès-Verbaux des réunions, Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 185: 120-130.

CONOVER, R.J. and MAYZAUD, P. 1984. Utilization of phytoplankton by zooplankton during the spring bloom in a Nova Scotia inlet [Bedford Basin]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 41(2): 232-244.

CONRAD, C.D.W., STRAIN, P.M., and LEVY, E.M. 1984. A method for the quantitative determination of oil from oil-based drilling fluids in well cuttings and seawater and its application to toxicity testing of cuttings from the Alma well. Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences No. 45.

COOKE, R.C. and KEPKAY, P.E. 1984. Apparent calcite supersaturation at the ocean surface: Why the present solubility product of pure calcite in seawater does not predict the correct solubility of the salt in nature? *Marine Chemistry* 15(1): 59-69.

CORNER, E., BROCKMANN, U., GOLDMAN, J.C., JACKSON, G.A., LEBORGNE, R.P., LEWIS, M., and YAYANOS, A. 1984. Excretion and mineralisation processes in the open sea. In *Flows of Energy and Materials in Marine Ecosystems: Theory and Practice*; Ed. M.J.R. Fasham. NATO Conference Series; IV. Marine Sciences. New York; Plenum Press: 663-669.

COTE, B. and PLATT, T. 1984. Daily phytoplankton productivity experiments and nutrient measurements in Bedford Basin, Nova Scotia, from 18 May to 26 July 1975. Canadian Data Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 425.

COTE, B. and PLATT, T. 1984. Utility of the light-saturation curve as an operational model for quantifying the effects of environmental conditions on phytoplankton photosynthesis. *Marine Ecology — Progress Series* 18 (1/2): 57-66.

DALZIEL, J.A. and YEATS, P.A. 1985. Reactive mercury in the central North Atlantic Ocean. *Marine Chemistry* 15: 357-361.

DAVIDSON, S. 1984. SED1D: A sediment transport model for the continental shelf. Geological Survey of Canada, Open File 1113.

DAVIES, F.H., AKANDE, S.O., and ZENTILLI, M. 1984. Early Cretaceous deposits in the Gays River lead-zinc mine, Nova Scotia. Geological Survey of Canada, Paper 84-1A: 353-358.

DAVIES, E.H. and AVERY, M.P. 1984. A system for vitrinite reflectance analysis on dispersed organic matter for offshore eastern Canada. Geological Survey of Canada, Paper 84-1A: 367-372.

DICKIE, L.M., BOUDREAU, P.R., and FREEMAN, K.R. 1984. Influences of stock and site on growth and mortality in the blue mussel (*Mytilus edulis*). *Canadian*

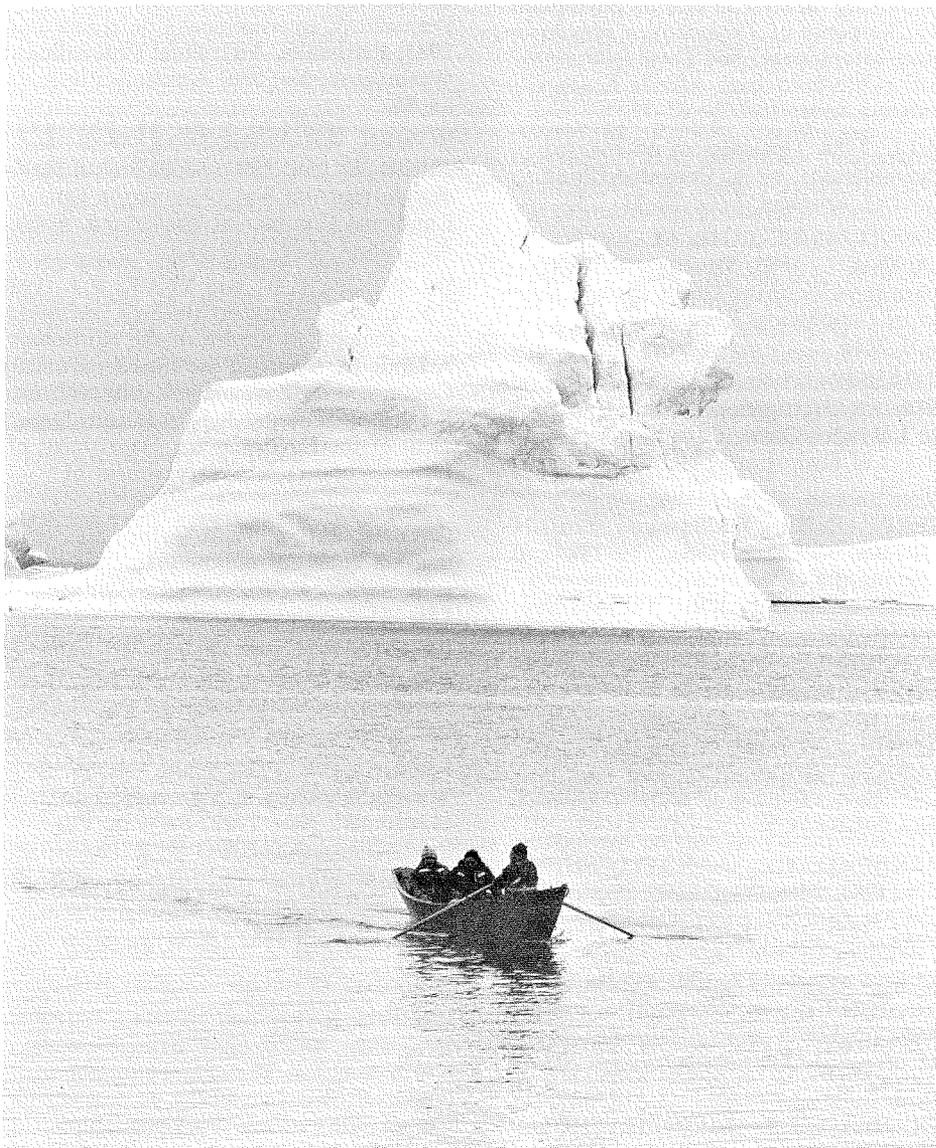
Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 41(1): 134-140.

DICKIE, L.M., DOWD, R.G., and BOUDREAU, P.R. 1984. Acoustic estimates of demersal fish using a dual-beam transducer in laboratory and field. *Journal of the Acoustical Society of America* 76(4): 1175-1183.

DIXON, J., MCNEIL, D.H., DIETRICH, J.R., BUJAK, J.P., and DAVIES, E.H. 1984. Geology and biostratigraphy of the Dome Gulf et al. Hunt Kopanoar M-13 Well, Beaufort Sea. Geological Survey of Canada, Paper 82-13.

DOBSON, D. and PETRIE, B. 1984. Long-term temperature monitoring program, 1983, Newfoundland Region. Canadian Data Report of Hydrography and Ocean Sciences No. 21.

DOBSON, D. and PETRIE, B. 1984. Long-term temperature monitoring program 1983. Scotia-Fundy, Gulf Regions.



Un doris du nsc Hudson passe devant un iceberg dans la baie de Baffin.

- Canadian Data Report of Hydrography and Ocean Sciences No. 22.
- DOBSON, F.W. 1984. The oceans and how they affect our climate. *Chinook 6* (4): 88-91.
- EASTERBROOK, K.B. and SUBBA RAO, D.V. 1984. Conical spinae associated with a picoplanktonic prokaryote. *Canadian Journal of Microbiology* 30(5): 716-718.
- EATON, R.M., ANDERSON, N.M., and EVANGELATOS, T.V. 1984. The electronic chart. In Proceedings of the Second International Hydrographic Technical Conference, Plymouth, England, September, 1984: The Royal Institution of Chartered Surveyors and the Hydrographic Society.
- EMERY, W.J. and IKEDA, M. 1984. A comparison of geometric correction methods for AVHRR imagery. *Canadian Journal of Remote Sensing* 10(1): 46-56.
- EXTON, J. and GRADSTEIN, F.M. 1984. Early Jurassic stratigraphy and micropaleontology of the Grand Banks and Portugal. In Jurassic-Cretaceous Biochronology and Paleogeography of North America; Ed. G.E.G. Westerman. Geological Association of Canada, Special Paper 27: 13-30.
- FADER, G.B. 1984. A geophysical survey of the Georges Bank, Georges Basin and Northeast Channel area of the Gulf of Maine. Geological Survey of Canada, Open File 978, 3 v.
- FADER, G.B., KING, L.H., and JOSEPHANS, H.J. 1982. Surficial geology of the Laurentian Channel and western Grand Banks of Newfoundland. Geological Survey of Canada, Paper 81-22.
- FANNING, P. 1984. Preliminary analysis of Alfred Needler — Lady Hammond comparative fishing experiments (Silver Hake, 1983). Northwest Atlantic Fisheries Organization, Scientific Council Research Document 84/V1/82.
- FENERTY, N.E. 1984. A camera system for deep-sea photography from drifting ice stations. In Underwater Photography; Scientific and Engineering Applications; compiled by P.E. Smith. New York; Van Nostrand Reinhold: 321-334.
- FORBES, D.L. 1984. Coastal geomorphology and sediments of Newfoundland. Geological Survey of Canada, Paper 84-1B: 11-24.
- FRANK, K.T. and LEGGETT, W.C. 1984. Selective exploitation of capelin (*Mallotus villosus*) eggs by winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*): Capelin egg mortality rates, and contribution of egg energy to the annual growth of flounder. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 41(9): 1294-1302.
- FU, T. and POCKLINGTON, R. 1984. Marine organic chemistry: Master reference list. Canadian Data Report of Hydrography and Ocean Sciences No. 24.
- GAGNE, J.A. and O'BOYLE, R.N. 1984. The timing of cod spawning of the Scotian Shelf. In The Propagation of Cod (*Gadus morhua* L.); Eds. E. Dahl, et al. *Flodevigen Rapportser 1*: 501-517.
- GAGNE, J.A., SINCLAIR, A.F. and DALE, C. 1984. The 1984 assessment of 4VSW cod: A completely revised procedure. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, Research Document 84/78.
- GASSMAN, G. and POCKLINGTON, R. 1984. Hydrocarbons in waters adjacent to an oil exploratory site in the western North Atlantic Ocean. *Environmental Science and Technology* 18: 869-872.
- GAVARIS, S. and BISHOP, C.A. 1984. Calculation of partial selection for cod in Subdivision 3Ps. Northwest Atlantic Fisheries Organization, Scientific Council Research Document 84/V1/50.
- GAVARIS, S. and BISHOP, C.A., and BAIRD, J.W. 1984. Assessment of the cod stock in Divisions 2J+3KL. Northwest Atlantic Fisheries Organization, Scientific Council Research Document 84/V1/73.
- GILBERT, R.L.G. 1984. Field trials of DOLPHIN. In Remotely Operated Vehicles, Rov '84 Conference and Exposition (1984: San Diego, Ca). San Diego; The Marine Technology Society, San Diego Section: 348-355.
- GORDON, D.C., JR. 1984. Integration of ecological and engineering aspects in planning large scale tidal power development in the Bay of Fundy, Canada. *Water Science and Technology* 16(1/2): 281-295.
- GORDON, D.C., Jr., and DADSWELL, M.J. (Editors). 1984. Update on the marine environmental consequences of tidal power development in the upper reaches of the Bay of Fundy. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 1256.
- GRADSTEIN, F.M. 1984. On stratigraphic normality. In Theory, Application and Comparison of Stratigraphic Correlation Methods; Ed. F.P. Agterberg. *Computers and Geosciences* 10(1): 43-57.
- GRANT, A.C. 1984. The shelfbreak: Critical interface on continental margins; Eds. D.J. Stanley and G.T. Moore [Book Review]. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology* 32(1): 97-99.
- GRANT, S.T. 1984. Atlantic Tides. *Canadian Yachting, Power and Sail* 9(11): 14-16.
- GREISMAN, P. 1984. Tidal propagation measurements in Foxe Basin. Canadian Contractor Report of Hydrography and Ocean Sciences No. 18.
- GUILBAULT, J.P. 1984. Late-glacial foraminifera localities in raised marine sediments in western Newfoundland. Geological Survey of Canada, Open File Report 1003.
- HACQUEBARD, P.A. 1984. Coal rank changes in the Sydney and Pictou coalfields of Nova Scotia; cause and economic significance. Canadian Institute of Mining and Metallurgy, *CIM Bulletin* 77(865): 33-40.
- HACQUEBARD, P.A. 1984. Composition, rank and depth of burial of two Nova Scotia lignite deposits. Geological Survey of Canada, Paper 84-1A: 11-15.
- HACQUEBARD, P.A. 1984. Geologic development and economic evaluation of the Sydney coal basin, Nova Scotia, Canada. In International Congress of Carboniferous Stratigraphy and Geology (9th: 1979: Washington, D.C. and University of Illinois at Urbana-Champaign), Comptes Rendus; Vol. 3, Eds. E.S. Belt and R.W. MacQueen. Carbondale and Edwardsville, Southern Illinois University Press: 61-71.
- HACQUEBARD, P.A. and AVERY, M.P. 1984. Geological and geothermal effects and coal rank variations in the Carboniferous basin of New Brunswick. Geological Survey of Canada, Paper 84-1A: 17-28.
- HAGEN, A.A., BEWERS, J.M., and NEEDLER, G.T. 1984. Oceanographic model and radiological basis for control of radionuclide releases. In Radioactive Waste Management. Vienna; International Atomic Energy Agency STI/PUB/649: 287-300.
- HALLIDAY, R.G. 1984. Stock status of the Argentine, *Argentina silus* Ascanius, on the Scotian Shelf (Div. 4VWX). Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, Research Document 84/38.
- HARGRAVE, B.T. 1984. Sinking of particulate matter from the surface water of the ocean. In Heterotrophy in the Sea; Ed. J.H. LeB. Williams. New York; Plenum Press: 155-178.
- HAY, A.E. and HEFFLER, D. 1984. Design considerations for an acoustic sediment transport monitor for the nearshore zone. Ottawa: National Research Council Canada, Associate Committee for Research on Shoreline Erosion and Sedimentation, (Canadian Coastal Sediment Study C252 — Étude canadienne des sédiments littoraux ECSL Report C252-4): 37 p.
- HEAD, E.J.H., WANG, R., and CONOVER, R.J. 1984. Comparison of diurnal feeding rhythms in *Temora longicornis* and *Centropages hamatus* with digestive enzyme activity. *Journal of Plankton Research* 6(4): 543-551.
- HEFFLER, D.E. 1984. An ocean bottom seismometer release by electrolytic corrosion. *Marine Geophysical Researches* 6 (4): 447-454.
- HEFFLER, D.E. 1984. RALPH — An instrument to monitor seabed sediments. Geological Survey of Canada, Paper 84-1B: 47-52.
- HENDERSON, G.W. and VARMA, H.P. 1984. The advantages of using a ship as a

dynamic M.R.S. station. *Lighthouse* 30: 28-30.

HENDRY, R.M. 1985. Deep circulation south of the Gulf Stream at 50°W. *Progress in Oceanography* 14: 191-207.

HERMAN, A.W. 1984. Biological profiling in the upper oceanic layers with a Batfish vehicle: A review of applications. In Mapping strategies in chemical Oceanography; Ed. A. Zorino. *Advances in Chemistry Series* 209: 1985.

HERMAN, A.W. 1984. Vertical copepod aggregations and interactions with chlorophyll and production on the Pery Shelf. *Continental Shelf Research* 3(2): 131-146.

HERMAN, A.W. MITCHELL, M.R., and YOUNG, S.W. 1984. A continuous pump sampler for profiling copepods and chlorophyll in the upper oceanic layers. *Deep-Sea Research* 31(4A): 439-450.

HILL, P.R. 1984. Facies and sequence analysis of Nova Scotian slope muds: Turbidite vs 'hemipelagic' deposition. In Fine-Grained Sediments: Deep-Water Processes and Facies. Eds. D.A.V. Stow and D.J.W. Piper. Oxford: Published for the Geological Society by Blackwell Scientific Publications: 311-318.

HILL, P.R. 1984. Sedimentary facies of the Nova Scotian upper and middle continental slope. offshore eastern Canada. *Sedimentology* 31(3): 293-309.

HILL, P.R. and NADEAU, O.C. 1984. Grain-surface textures of late Wisconsinan sands from the Canadian Beaufort Shelf. *Journal of Sedimentary Petrology* 54(4): 1349-1357.

HINZ, K., WINTERER, E.L., BAUMGARTNER, P.O., BRADSHAW, M.J., CHANNELL, J.E.T. JAFFEREZO, M., and JANSKA, L.F. 1984. Site 546. In Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project; Eds. K. Hinz, E.L. Winterer, et al. Washington, D.C.; U.S. Government Printing Office 79.

HORNE, E.P.W. and PLATT, T. 1984. The dominant space and time scales of variability in the physical and biological fields on continental shelves. In The Biological Productivity of North Atlantic Shelf Areas: A Symposium (1982: Kiel, Germany); Ed. J.J. Zijlstra. *Rapports et Procès-Verbaux des réunions, Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 183: 8-19.

HOWIE, R.D. 1984. Carboniferous evaporites in Atlantic Canada. In International Congress of Carboniferous Stratigraphy and Geology (9th: 1979: Washington, D.C. and University of Illinois at Urbana-Champaign) *Compte Rendu*; Vol. 3; Eds. E.S. Belt and R.W. MacQueen. Carbondale and Edwardsville; Southern Illinois University Press: 131-142.

HUNT, J.J. 1984. Status of cod in NAFO 5Z. Canadian Atlantic Fisheries Scientific

Advisory Committee, Research Document 85/65.

HUNT, J.J. and WAIWOOD, K.G. 1984. Status of the Atlantic cod stock on Georges Bank, NAFO Division 5Z and statistical area 6 in 1983. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, Research Document 84/65.

HURLEY, G. and O'BOYLE, R.N. 1984. Description of the southwest Nova Scotia groundfish fishery: 1962-1983. Canadian Industry Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 153.

IKEDA, M. 1984. Coastal flows driven by a local density flux. *Journal of Geophysical Research* 89(C5): 8008-8016.

IKEDA, M. and EMERY, W.J. 1984. A continental shelf upwelling event off Vancouver Island as revealed by satellite infrared imagery. *Journal of Geophysical Research* 42(2): 303-317.

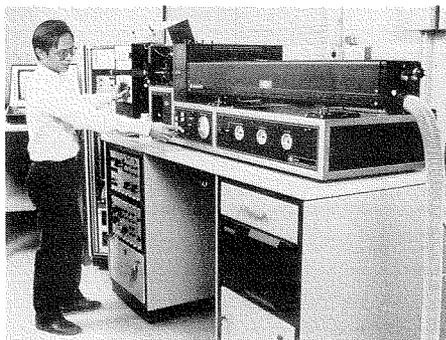
IKEDA, M. and EMERY, W.J. 1984. Satellite observations and modelling of meanders in the California current system off Oregon and Northern California. *Journal of Physical Oceanography* 14(9): 1434-1450.

IKEDA, M., MYSAK, L.A., and EMERY, W.J. 1984. Observation and modelling of satellite-sensed meanders and eddies off Vancouver Island. *Journal of Physical Oceanography* 14(1): 3-21.

IKEDA, M., EMERY, W.J. and MYSAK, L.A. 1984. Seasonal variability in meanders of the California current system off Vancouver Island. *Journal of Geophysical Research* 89(C3): 3487-3505.

ILES, T.D. 1984. Allocation of resources to gonad and soma in Atlantic herring *Clupea harengus* L. In Fish Reproduction; Eds. G.W. Potts and R.J. Wootton. London; Academic Press: 331-347.

ILES, T.D., POWER, M.J. MACE, P.M., WHITE, G.N., and PEACOCK, F.G. 1984. Assessment of the 1983 4WX herring fishery. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, Research Document 84/72.



Le biologiste William Li aux commandes d'un cytomètre en continu, instrument qui détecte et mesure les particules fluorescentes dans l'eau de mer.

IRWIN, B., DICKIE, P., LINDLEY, P., and PLATT, T. 1984. Phytoplankton productivity in Lancaster Sound and approaches during the summer of 1979. Canadian Data Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 423.

JACKSON, A., LEW, S.N., and AGTERBERG, F.P. 1984. DISSPLA program for display of dendrograms from RASC output. *Computers & Geosciences* 10(1): 159-165.

JACKSON, H.R., JOHNSON, G.L., SUNDVOR, E., and MYHRE, A.M. 1984. The Yermak Plateau: Formed at a triple junction? *Journal of Geophysical Research* 89(B5): 3223-3232.

JACKSON, H.L.R. and MUDIE, P. 1984. CESAR cores: Geological time capsules. *Geos* 13(2): 15-18.

JANSKA, L.F. 1983. Carbonate depositional environments; Eds. P.A. Scholle, D.G. Bebout, and C.M. Moore [Book Review]. *Episodes* 6(4): 47-48.

JANSKA, L.F. 1984. Mesozoic carbonate deposition on the outer continental margin off Morocco. In Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project; Eds. K. Hinz, E.L. Winterer, et al. Washington, D.C.; U.S. Government Printing Office 79: 857-891.

JANSKA, L.F. 1984. Mesozoic and Tertiary geology of southern Africa, by R.V. Dingle, W.G. Siesser and A.R. Newton [Book Review]. *Geoscience Canada* 11(4): 215-216.

JANSKA, L.F., BUROLLET, P.F., and GRANT, A.C. (Editors). 1984. Basin analysis: Principles and applications. *Sedimentary Geology* 40(1/3): 215 p.

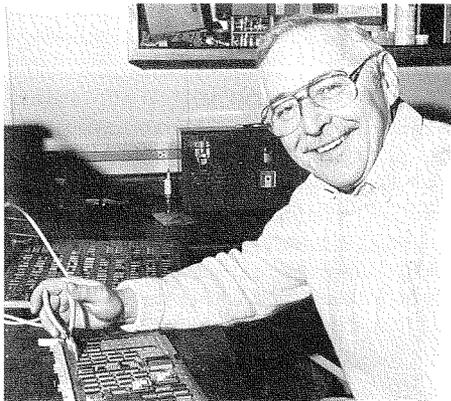
JANSKA, L.F. and MAMET, B.L. 1984. Offshore Viséan of eastern Canada; Paleogeographic and plate tectonic implications. In International Congress of Carboniferous Stratigraphy and Geology (9th: 1979: Washington, D.C. and University of Illinois at Urbana-Champaign) *Compte Rendu*; Vol. 3; Eds. E.S. Belt and R.W. Queen. Carbondale and Edwardsville: Southern Illinois University Press: 205-214.

JONES, E.P., DYRSSEN, D., and COOTE, A.R. 1984. Nutrient regeneration in deep Baffin Bay with consequences for measurements of the conservative tracer NO and fossil fuel CO₂ in the oceans. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 41(1): 30-35.

JOSEPH, H. 1984. Surficial geology of the Labrador Shelf. Geological Survey of Canada, Open File 1081.

JOYCE, T., BACKUS, R., BAKER, K., BLACKWELDER, P., BROWN, O., COWLES, T., EVANS, R., FRYXELL, G., MOUNTAIN, D., OLSON, D., SHILTZ, R., SCHMITT, R., SMITH, P., SMITH, R., and WIEBE, P. 1984. Rapid evolution of a Gulf Stream warm-core ring. *Nature (London)* 308(5962): 837-840.

- KEEN, M.J. 1984. Canada and the ocean drilling program. *Geoscience Canada 11* (2): 80-82.
- KENCHINGTON, T.J. 1984. Population structures and management of the redfishes (*Sebastes SPP.: Scorpaenidea*) of the Scotian Shelf. Unpublished Ph.D. Thesis, Dalhousie University, Halifax, NS: 111 p.
- KEPKAY, P.E., BURDIGE, D.J., and NEALSON, K.H. 1984. Kinetics of bacterial manganese binding and oxidation in the chemostat. *Geomicrobiology Journal 3* (3): 245-262.
- KERR, S.R. 1984. Review of "Global Fisheries; Perspectives for the 1980s". *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 41*: 835-836.
- KEER, S.R. and DICKIE, L.M. 1984. Measuring the health of aquatic ecosystems. In *Contaminant Effects on Fisheries*; Eds. V.W. Cairns et al. New York; John Wiley and Sons, Inc.: 279-284. (*Advances in Environmental Science and Technology 16*.)
- KING, L.H. and FADER, G.B. 1984. Wisconsinan glaciation on the continental shelf — southeast Atlantic Canada. Geological Survey of Canada, Open File 1126.
- KOELLER, P.A., NEILSON, J.D., and WALDRON, D.E. 1984. The Canada-USSR juvenile silver hake (*Merluccius bilinearis*) surveys on the Scotian Shelf: Abundance indices, distribution, and comparison with independent estimates of juvenile abundance, 1978-83. Northwest Atlantic Fisheries Organization, Scientific Council Report 84/VI/87.
- KONTOPOULOS, N. and PIPER, D.J.W. 1983. Storm graded sand at 200 m water depth, Scotian Shelf, eastern Canada. *Geo-Marine Letters 2*: 77-81.
- KRANCK, K. 1984. Grain-size characteristics of turbidites. In *Fine-Grained Sediments: Deep Water Processes and Facies*; Eds. D.A.V. Stow and D.J.W. Piper. Oxford; Published for the Geological Society by Blackwell Scientific Publications: 82-93.
- KRANCK, K. and MILLIGAN, T.G. 1983. Grain size distributions of inorganic suspended river sediment. In *Transport of Carbon and Minerals in Major World Rivers*; ED. E.T. Deggen. Mitteilungen aus dem Geologisch-Palaontologischen Institut der Universität Hamburg. SCOPE/UNEP Sonderband, Heft 55: 525-534.
- KURFURST, P.J. MORAN, K., and NIXON, F.M. 1984. Drilling and sampling in frozen seabottom sediments, southern Beaufort Sea. Geological Survey of Canada, Paper 84-1B: 193-195.
- LAMBERT, T.C. 1984. Larval cohort succession in herring (*Clupea harengus*) and capelin (*Mallotus villosus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 41*: 1552-1564.
- LAMBERT, T.C. and WARE, D.M., 1984. Reproductive strategies of demersal and pelagic spawning fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 41* (11): 1565-1569.
- LAWS, E.A., REDALJE, D.G., HAAS, L.W., BIENFANG, P.K., EPPLEY, R.W., HARRISON, W.G., KARL, D.M., and MARRA, J. 1984. High phytoplankton growth and production rates in oligotrophic Hawaiian coastal waters. *Limnology and Oceanography 29* (6): 1161-1169.
- LEGENBRE, L., COLLOS, Y., ELBRACHTER, M., FASHAM, M.J.R., GIESKES, W.W.C., HERBLAND, A., HOLLIGAN, P.M., MARGALEF, R., PERRY, M.J., PLATT, T., SAKSHAUG, E., and SMITH, D.F. 1984. Studies on marine autotrophs: Recommendations for the 1980's. In *Flows of Energy and Materials in Marine Ecosystems: Theory and Practice*; Ed. M.J.R. Fasham. NATO Conference Series IV, *Marine Science 13*: 629-939.
- LEGETT, W.C., FRANK, K.T., and CARSCADDEN, J.E. 1984. Meteorological and hydrographic regulation of year-class strength in Capelin (*Mallotus villosus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 41*(8): 1193-1201.
- LEVY, E.M. 1985. Background levels of dissolved/dispersed petroleum residues in the Gulf of St. Lawrence, 1970-1979. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 42*: 544-555.
- LEVY, E.M. 1984. Incidence and distribution of petroleum and petroleum products in the western North Atlantic. In *Health of the Northwest Atlantic [A report to the Interdepartmental Committee on Environmental Issues]*; Eds. R.C.H. Wilson and R.F. Addison. Department of the Environment/Department of Fisheries and Oceans/Department of Energy, Mines and Resources: 70-76.
- LEVY, E.M. 1984. Oil Pollution in the world's oceans. *Ambio 13*(4): 226-235.
- LEWIS, M.R., CULLEN, J.J., and PLATT, T. 1984. Relationships between vertical mixing and photoadaptation of phytoplankton: Similarity criteria. *Marine Ecology — Progress Series 15*(1/2): 141-149.
- LEWIS, M.R., HORNE, E.P.W., CULLEN, J.J., OAKEY, N.S., and PLATT, T. 1984. Turbulent motions may control phytoplankton photosynthesis in the upper oceans. *Nature (London) 311*(5981): 49-50.
- LI, W.K.W. 1984. A modified logistic growth equation: Effects of cadmium chloride on the diatom, *Thalassiosira weissflogii*, and the dinoflagellate, *Amphidinium carteri*, in unialgal and bialgal batch cultures. *Aquatic Toxicology 5*(4): 307-313.
- LI, W.K.W. 1984. Microbial uptake and radiolabeled substrates: Estimates of growth rates from time course measurements. *Applied and Environmental Microbiology 47*(1): 184-192.
- LI, W.K.W. and DICKIE, P.M. 1984. Rapid enhancement of heterotrophic but not photosynthetic activities in Arctic microbial plankton at mesobiotic temperatures. *Polar Biology 3*(4): 217-226.
- LI, W.K.W., SMITH, J.C. and PLATT, T. 1984. Temperature response of photosynthetic capacity and carboxylase activity in arctic marine phytoplankton. *Marine Ecology — Progress Series 17*(3): 237-243.
- LIVELY, R.R. 1984. Current meter, meteorological, and sea-level observations off Cape Sable, Nova Scotia. Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences No. 40.
- LIVELY, R.R. 1984. Current meter and tide gauge observations for the Strait of Belle Isle. Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences No. 46.
- LIVELY, R.R. 1984. Current meter observations on the Scotian Rise for November 1980 to October 1981. Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences No. 50.
- LODER, J.W. and WRIGHT, D.G. 1985. Tidal rectification and frontal circulation on the sides of Georges Bank. *Journal of Marine Research 43*(3): 581-604.
- LONGHURST, A. 1983. Benthic-Pelagic coupling and export of organic carbon from a tropical Atlantic continental shelf — Sierra Leone. *Coastal and Shelf Science 17*: 261-285.
- LONGHURST, A. 1984. Heterogeneity in the ocean — implications for fisheries. In *Hydrobiological Variability in the North Atlantic and Adjacent Seas*; Eds. J. Meincke et al. *Rapports et Procès-Verbaux des réunions, Conseil International pour l'Exploration de la Mer 185*: 268-282.
- LONGHURST, A. 1984. Importance of measuring rates and fluxes in marine ecosystems. In *Flows of Energy and Materials in Marine Ecosystems; Theory and Practice*; Ed. M.J.R. Fasham. (NATO Conference Series; IV. *Marine Sciences 13*.) New York; Plenum Press: 3-22.
- LONGHURST A., SAMEOTO, D., and HERMAN, A. 1984. Vertical distribution of Arctic zooplankton in summer; eastern Canadian Archipelago. *Journal of Plankton Research 6*(1): 137-168.
- LORING, D.H. 1984. Trace-metal geochemistry of sediments from Baffin Bay. *Canadian Journal of Earth Sciences 21*(12): 1368-1378.
- LORING, D.H., RANTALA, R.T.T., and SMITH, J.N. 1983. Response time of Saguenay Fjord sediments to metal contamination. *Environmental Biogeochemical Ecology Bulletin 35*: 59-72.
- LOUCKS, R.H. and TRITES, R.W. 1984. Environmental variability in the Northwest



KELLY BENTHAM

Dick Dowd, l'un des principaux inventeurs de l'ECOLOG, instrument de dénombrement acoustique des poissons à double faisceau.

- Atlantic. Northwest Atlantic Fisheries Organization, Scientific Council Report Document 84/VI/66.
- MacLEAN, B., WOODSIDE, J.M., and GIROUARD, P. 1984. Geological and geophysical investigations in Jones Sound, District of Franklin, Geological Survey of Canada, Paper 84-1A: 359-365.
- MacLEAN B. 1984. Proposal for an east coast offshore sediment corehole sampling program. Geological Survey of Canada, Open File Report 1014.
- MAHON, R. 1984. Divergent structure in fish taxocenes of north temperature streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 41(2): 330-350.
- MAHON, R., SIMPSON, P., and WALDRON, D.E. 1984. Analysis of eastern Scotian Shelf haddock (4VW). Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, Research Document 84/81.
- MAHON, R., SMITH, R.W., BERNSTEIN, B.B., and SCOTT, J.S. 1984. Spatial and temporal patterns of groundfish distribution on the Scotian Shelf and in the Bay of Fundy, 1970-1981. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 1300.
- MALONE, A.K., BURKE, R.G., and VINE, R., 1984. DOLPHIN: A proven hydrographic vehicle. *Lighthouse* 30: 38-41.
- MALLETT, A.L. and HALEY, L.E. 1984. General and specific combining abilities of larval and juvenile growth and viability estimated from natural oyster populations. *Marine Biology* 81(1): 53-59.
- MANN, K.H. 1984. Fish production in open ocean ecosystems. In *Flows of Energy and Materials in Marine Ecosystems; Theory and Practice*; Ed. M.J.R. Fasham. (NATO Conference Series; IV. *Marine Sciences* 13.) New York; Plenum Press: 435-458.
- MANN, K.H., FROST, B., GUGLIELMO, L., HUNTLEY, M., JANSSON, B.O., LONGHURST, A.R., RADACH, G., and WILLIAMS, R. 1984. Herbivory. In *Flows of Energy and Materials in Marine Ecosystems; Theory and Practice*; Ed. M.J.R. Fasham. (NATO Conference Series; IV. *Marine Sciences* 13.) New York; Plenum Press: 671-684.
- MANN, K.H., WRIGHT, J.L.C., WELSHFORD, B.F., and HATFIELD, E. 1984. Response of the sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) (O.E. Muller) to water-borne stimuli from potential predators and potential food algae. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 79(3): 233-244.
- MAYZAUD, O., MAYZAUD, P., DE LA BIGNE, C., GROHAN, P., and CONOVER, R.J. 1984. Diurnal changes in particulate environment feeding activity and digestive enzyme concentration in neritic zooplankton. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 84(1): 15-35.
- MAYZAUD, P. and CONOVER, R.J. 1984. Distribution of digestive enzymes in zooplankton during the spring bloom in a Nova Scotia inlet [Bedford Basin]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 41(2): 245-252.
- MAYZAUD, P. and TAGUCHI, S. 1984. Seasonal patterns of seston characteristics in Bedford Basin, Nova Scotia, relative to zooplankton feeding: A multivariate approach. *Limnology and Oceanography* 29(4): 745-762.
- McGLADE, J.M., ANNAND, M.C., and BEANLANDS, D. 1984. Assessment of Pollock (*Pollachius virens*) in Division 4VWX and Subarea 5. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, Research Document 84/77.
- McKEOWN, D.L. 1984. O.R.E. trackpoint acoustic range/bearing receiver evaluation. Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences No. 47.
- McMILLIAN, J., O'BOYLE, R.N., CLEARY, L., and MESSIEH, S. 1984. Compilation of landing statistics of the southern Gulf of St. Lawrence herring for 1967-82. Canadian Data Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 468.
- MEAGHER, L. 1984. Interpretation of Quaternary and upper Noogene seismic stratigraphy on the continental slope off St. Pierre Bank. Geological Survey of Canada, Open File 1077.
- MILLS, F.L., PITTMAN, K., and TAN, F.C. 1984. Food-web structure on the Scotian Shelf. eastern Canada: A study using ¹³C as a food chain tracer. In *The Biological Productivity of the North Atlantic Shelf areas: A Symposium* (1982: Kiel, Germany); Ed. J.J. Zijlstra. *Rapports et Procès-Verbaux des réunions, Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 183: 111-118.
- MITCHELL, M.R. 1984. Filtration efficiency of a coarse-mesh screen subjected to biological fouling. *Deep-Sea Research* 31(3A): 317-326.
- MUDIE, P.J. and AKSU, A.E. 1984. Paleoclimate of Baffin Bay from a 300,000-year record of foraminifera, dinoflagellates and pollen. *Nature* 312(5995): 630-634.
- MUDIE, P.J., KEEN, C.E., HARDY, T.A., and VILKS, G. 1984. Multivariate analysis and quantitative paleoecology of benthic foraminifera in surface and Late Quaternary shelf sediments, northern Canada. *Marine Micropaleontology* 8(4): 283-313.
- MUDIE, P.J., PIPER, D.J.W., RIDEOUT, K., ROBERTSON, K.R., SCHAFER, C.T., VILKS, G., and HARDY, I.A. 1984. Standard methods for collecting describing and sampling Quaternary sediments at the Atlantic Geoscience Centre, Geological Survey of Canada, Open File 1044.
- NEEDLER, G.T. 1985. The absolute velocity as a function of conserved measurable quantities. *Progress in Oceanography* 14(1-4): 421-429.
- NEEDLER, G.T. 1985. The dumping of wastes at sea. Book review of Vols. 1-3 of *Wastes in the Ocean*. *Science* 227(4682): 49-50.
- NEILSON, J.D. and DALE, C.E. 1984. A review of the status of the 4VWX flatfish stocks. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, Research Document 84/54.
- NETTLESHIP, D.N., SANGER, G.A., and SPRINGER, P.F. (Editors). 1984. *Marine birds: Their feeding ecology and commercial fisheries relationships*. Ottawa, Canadian Wildlife Service: 220 p.
- NEU, H.J.A. Interannual variations and longer-term changes in the sea state of the North Atlantic from 1970 to 1982. *Journal of Geophysical Research* 89(C4): 6397-6402.
- NORMARK, W.R. and PIPER, D.J.W. 1984. Navy Fan, California Borderland: Growth pattern and depositional processes. *Geo-Marine Letters* 3(2/4): 101-108.
- OKEY, G.N., SHIH, K.G., GIROUARD, P., and MACNAB, R. 1984. Marine magnetometer data in southern Davis Strait. Geological Survey of Canada, Open File 1009.
- O'BOYLE, R.N., McMILLAN, J., and WHITE, G., III. 1984. The 4X haddock resource: A problem in supply and demand. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, Research Document 84/100.
- O'BOYLE, R.N., SINCLAIR, M., CONOVER, R.J., MANN, K.H., and KOHLER, A.C. 1984. Temporal and spatial distribution of ichthyoplankton communities of the Scotian Shelf in relation to biological, hydrological, and physiographic features. In *The Biological Productivity of the North Atlantic Shelf*

- Areas: A Symposium (1982: Kiel, Germany); Ed. J.J. Zijlstra. *Rapports et Procès-Verbaux des réunions, Conseil International pour l'Exploration de la Mer 183*: 27-40.
- PARSONS, T.R., TAKAHASHI, M., and HARGRAVE, B. 1984. Biological Oceanographic Processes. Oxford and Toronto; Pergamon Press, 3rd Ed.: 30 p.
- PEABODY, C.H., SINCLAIR, R., and LAWRENCE, D.J. 1984. *Offshore dispersant trials: Trajectory modelling*. In Proceedings of the Annual Arctic Marine Oilspill Program Technical Seminar (7th: 1984: Edmonton, Alberta). [S.L.]: The Seminar: 526-548.
- PENCZAK, T., MAHON, R., and BALON, E.K. 1984. The effect of an impoundment on the upstream and downstream fish taccenes (Speed River, Ontario, Canada). *Archiv fur Hydrobiologie 99(2)*: 220-227.
- PE-PIPER, G., and PIPER, D.J.W. 1984. Tectonic setting of the Mesozoic Pindos Basin of the Peloponnese, Greece. Geological Society of London, Special Publication 17: 563-567.
- PERROTTE, R. 1984. A methodological approach to nautical chart design. *International Hydrographic Review 61(1)*: 111-119.
- PETERSON, I. and WROBLEWSKI, J.S. 1984. Mortality rate of fishes in the pelagic ecosystem. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science 41(7)*: 1117-1120.
- PETRIE, B. and ISENER, A. 1984. An analysis of satellite-tracked drifter observations collected in the Grand Banks region. Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences No. 39.
- PIATT, J.F. and NETTLESHIP, D.N. 1985. Diving depths of four alcids. *Auk 102*: 293-297.
- PIATT, J.F., NETTLESHIP, D.N., and THRELFALL, W. 1984. Net-mortality of common Murres and Atlantic Puffins in Newfoundland, 1951-81. In *Marine Birds: Their Feeding Ecology and Commercial Fisheries Relationships*; Eds. D.N. Nettleship et al. Ottawa; Canadian Wildlife Service: 196-207.
- PINHORN, A.T. and HALLIDAY, R.G. 1984. A framework for identifying fisheries management problems associated with the influence of environmental factors on the distribution, movements and migration of marine species. Northwest Atlantic Fisheries Organization, Scientific Council Report Document 84/VI/72.
- PIPER, D.J.W. 1984. Geological processes and factors. In *Health of the Northwest Atlantic*, [A Report to the Interdepartmental Committee on Environmental Issues]; Eds. R.C.H. Wilson and R.F. Addison. Department of the Environment/Department of Fisheries and Oceans/Department of Energy, Mines, and Resources: 31-41.
- PIPER, D.J.W. 1983. 4. University. In *Marine Geoscience in Canada; A status report*. Geological Survey of Canada, Paper 81-6: 60-67.
- PIPER, D.J.W., LETSON, J.R.J., DE IURE, A.M., and BARRIE, C.Q. 1983. Sediment accumulation in low sedimentation, wave dominated glaciated inlets. *Sedimentary Geology 36*: 195-215.
- PIPER, D.J.W., STOW, D.A.V., and NORMARK, W.R. 1984. The Laurentian Fan: Sohm Abyssal Plain. *Geo-Marine Letters 3(2/4)*: 141-146.
- PIPER, D.J.W., WILSON, E., VILKS, G., MUDIE, P.J., and WAGNER, F.J.E. 1984. Surficial geology of the upper Scotian Slope west of Verrill Canyon. Geological Survey of Canada, Open File Report 939.
- PLATT, T. 1984. Primary productivity in the central North Pacific: Comparison to oxygen and carbon fluxes. *Deep-Sea Research 31(11A)*: 1311-1319.
- PLATT, T., LEWIS, M., 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.R. Fasham. (NATO Conference Series; IV. *Marine Sciences 13*). New York; Plenum Press: 49-84.
- POCKLINGTON, R. and KEMPE, S. 1983. A comparison of methods for POC determination in the St. Lawrence River. Mitteilungen aus dem Geologisch — Palaeontologischen Institute der Universitaet, Hamburg, SCOPE/UNEP Sonderband, Heft 55: 145-151.
- POCKLINGTON, R. and PEMPKOWIAK, J. 1983. Contribution of humic substances by the Vistula River to the Baltic Sea. Mitteilungen aus dem Geologisch — Palaeontologischen Institute der Universitaet, Hamburg, SCOPE/UNEP Sonderband, Heft 55: 365-370.
- PRINSENBERG, S.J. 1983. Effects of the hydroelectric developments on the oceanographic surface parameters of Hudson Bay. *Atmosphere-Ocean 21(4)*: 418-430.
- PRINSENBERG, S.J. 1984. Freshwater contents and heat budgets of James Bay and Hudson Bay. *Continental Shelf Research 3(2)*: 191-200.
- PROCTER, R.M., TAYLOR, G.C. and WADE, J.A. 1984. Oil and natural gas resources of Canada 1983. Geological Survey of Canada, Paper 83-31: 59 p. (Also issued as Geological Survey of Canada, Open File Report 966.)
- QUINLAN, G.M. and BEAUMONT, C. 1984. Appalachian thrusting, lithospheric flexure, and the Paleozoic stratigraphy of the eastern interior of North America. *Canadian Journal of Earth Sciences 21(9)*: 973-996.
- RAY, S. and BEWERS, J.M. 1984. Distribution and bioavailability of heavy metals in the marine environment. In *Health of the Northwest Atlantic* [A Report of the Interdepartmental Committee on Environmental Issues]; Eds. R.C.H. Wilson and R.F. Addison. Department of the Environment/Department of Fisheries and Oceans/Department of Energy, Mines and Resources: 121-137.
- ROBERTSON, A.I. and MANN, K.H. 1984. Disturbance by ice and life-history adaptations of the seagrass *Zostera marina*. *Marine Biology 80(2)*: 131-141.
- ROOTS, W.D. and SRIVASTAVA, S.P. 1984. Origin of the marine magnetic quiet zones in the Labrador and Greenland seas. *Marine Geophysical Researches 6(4)*: 395-408.
- ROSS, C.K. 1984. Temperature-salinity characteristics of the "Overflow" water in Denmark Strait during "Overflow '7". In *Hydrobiological Variability in the North Atlantic and Adjacent Seas*; Eds., J. Meincke et al. *Rapports et Procès-Verbaux des réunions, Conseil International pour l'Exploration de la Mer 185*: 111-119.
- ROSENBERG, G., PROBYN, T.A., and MANN, K.H. 1984. Nutrient uptake and growth kinetics in brown seaweeds: Response to continuous and single additions of ammonium. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 80*: 125-146.
- ROWELL, T.W., TRITES, R.W., and DAWE, E.G. 1984. Larval and juvenile distribution of the short-finned squid (*Illex illecebrosus*) in relation to the Gulf Stream frontal zone in the Blake Plateau and Cape Hatteras area. Northwest Atlantic Fisheries Organization, Scientific Council Report Document 84/IX/111.
- RYALL, P.J.C. and HARGRAVE, B.T. 1984. Attraction of the Atlantic wreckfish (*Polyprion americanus*) to an unbaited camera on the Mid-Atlantic Ridge. *Deep-Sea Research 31(1A)*: 79-83.
- RYDER, R.A. and KERR, S.R. 1984. Reducing the risk of fish introductions — a rational approach to the management of cold water communities. European Inland Fisheries Advisory Council Technical paper No. 42. Supplement, Vol. 1, United Nations Food and Agriculture Organization, Rome: 510-533.
- SAMEOTO, D.D. 1984. Environmental factors influencing diurnal distribution of zooplankton and ichthyoplankton. *Journal of Plankton Research 6(5)*: 767-792.
- SAMEOTO, D.D. 1984. Vertical distribution of zooplankton biomass and species in northeastern Baffin Bay related to temperature and salinity. *Polar Biology 2(4)*: 213-224.
- SANDSTROM, H. and ELLIOTT, J.A. 1984. Internal tides and solitons on the Scotian Shelf — a nutrient pump at work.



KELLY BENTHAM

Vue aérienne du Centre des pêches de l'Atlantique nord-ouest, sur les collines White, au-dessus de St. John's (Terre-Neuve) (Photographie aimablement prêtée par le Centre)

Journal of Geophysical Research 89 (C4): 6415-6425.

SCHAFFER, C.T. 1984. The Newfoundland slope at 49-50°N: Nature and magnitude of contemporary marine geological processes. Geological Survey of Canada, Paper 84-1A: 563-566.

SCHAFFER, C.T. and BLAKENEY, C.P. 1984. Baffin Islands fjords. *Sea Frontiers* 30(2): 94-105.

SCHAFFER, C.T. and COLE, F.E. 1984. The Baffin Island fjords: Modern calcareous foraminiferal assemblages. In Annual Arctic Workshop (13th: 1984: Institute of Arctic and Alpine Research, Boulder, Co). Boulder, Co; The Workshop: 60-61.

SCHAFFER, C.T., SMITH, J.N., and SEIBERT, G. 1983. Significance of natural and anthropogenic sediment inputs to the Saguenay Fjord, Quebec. *Sedimentary Geology* 36: 172-194.

SCHEIBLING, R.E. and STEPHENSON, R.L. 1984. Mass mortality of *Strongylocentrotus droebachiensis* (Echinodermata: Echinoidea) off Nova Scotia, Canada. *Marine Biology* 78: 153-164.

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 (10): 1554-1564.

SCOTT, D.B., MUDIÉ, P.J., VILKS, G., and YOUNGER, D.C. 1984. Latest Pleistocene-Holocene paleoceanographic trends on the continental margin of eastern Canada: Foraminiferal, dinoflagellate and pollen evidence. *Marine Micropaleontology* 9(3): 181-218.

SCOTT, J.S. 1984. Canadian Research Report 1983, Section II. Northwest Atlan-

tic Fisheries Organization, Scientific Council Summary Document 84/VI/15.

SCOTT, J.S. 1984. Program of research by Canada (Scotia-Fundy) in the NAFO area for 1984. Northwest Atlantic Fisheries Organization, Circular Letter 84/037.

SCOTT, J.S. 1984. Juvenile haddock abundance and water temperature on the Scotian Shelf in 1983. Northwest Atlantic Fisheries Organization, Scientific Council Research Document 84/VI/64.

SCOTT, J.S. 1984. Short-term changes in distribution, size, and availability of juvenile haddock around Sable Island, Nova Scotia. *Journal of Northwest Atlantic Fisheries Sciences* 5(2): 109-112.

SHELDON, R.W. 1984. Phytoplankton growth rates in the tropical ocean. *Limnology and Oceanography* 29(6): 1342-1346.

SHERIDAN, R.E., GRADSTEIN, F., et al. (Editors). 1983. Site 534: Blake-Bahama Basin. In Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project. Washington: U.S. Government Printing Office, v. 76.

SHOTTON, R. and BAZIGOS, G.P. 1984. Techniques and considerations in the design of acoustic surveys. *Rapports et Procès-Verbaux des réunions, Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 184: 34-57.

SILVERT, W. 1982. The theory of power and efficiency in ecology. *Ecological Modelling* 15: 159-164.

SILVERT, W. 1983. Amplification of environmental fluctuations by marine ecosystems. *Oceanologica Acta* (Proceedings of the 17th European Marine Biological Symposium): 183-186.

SILVERT, W. 1984. Particle size spectra in ecology. In *Mathematical Ecology*; Eds. S.A. Levin and T.C. Hallam. Springer-Verlag Lecture Notes in Biomathematics 54: 154-162.

SILVERT, W. and POWLES, H. 1983. Applications of operations research to the design of field sampling programs. In *Sampling Commercial Catches of Marine Fish and Invertebrates*; Eds. W.G. Double-day and D. Rivard. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 66: 268-278.

SIMON, J. and CAMPANA, S. 1984. The 1983-84 4Vn herring biological update. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, Research Document 84/66.

SINCLAIR, A. 1984. Catch rate variations in the French winter cod fishery. Northwest Atlantic Fisheries Organization, Scientific Council Report SCR 84/VI/83.

SINCLAIR, A.F. and SMITH S.J. 1984. A review of the 4VN (May-December) cod fishery in 1983. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, Research Document 84/75.

SINCLAIR, M., MAGUIRE, J.J., KOELLER, P., and SCOTT, J.S. 1984. Trophic dynamic models in 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.

SMITH, J.N. 1984. Radioactivity in the marine environment. In *Health of the Northwest Atlantic; a report to the Interdepartmental Committee on Environmental Issues*; Eds. R.C.H. Wilson and R.F. Addison. Department of the Environment/Department of Fisheries and Oceans/Department of Energy, Mines and Resources: 56-69.

SMITH, J.N. and SCHAFFER, C.T. 1984. Bioturbation processes in continental rise sediments delineated by Pb-210, microfossil, and textural indicators. *Journal of Marine Research* 42(4): 1117-1145.

SMITH, P.C., LIVELY, R.R., and BROWN, K.C. 1984. An intercomparison of near-surface measurements with Aanderaa and AMF VACM current meters in strong tidal currents. Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences No. 48.

SMITH, R.E.H., GEIDER, R.J., and PLATT, T. 1984. Microplankton productivity in the oligotrophic ocean. *Nature (London)* 311 (5983): 252-254.

SMITH, R.E.H. and PLATT, T. 1984. Carbon exchange and ¹⁴C tracer methods in a nitrogen-limited diatom, *Thalassiosira pseudonana*. *Marine Ecology — Progress Series* 16(1/2): 75-87.

SMITH, S.D. and ANDERSON, R.J. 1984. Spectra of humidity, temperature, and wind over the sea at Sable Island,

Nova Scotia. *Journal of Geophysical Research* 89(C2): 2029-2040.

SMITH, S.D. and DOBSON, F.W. 1984. The heat budget at ocean weather station Bravo. *Atmosphere-Ocean* 22(1): 1-22.

SMITH, S.D. and JONES, E.P. 1985. Evidence for wind-pumping of air-sea gas exchange based on direct measurements of CO₂ fluxes. *Journal of Geophysical Research* 90(C1): 869-875.

SMITH, S.J. 1984. Comment and Optimizing survey design for determining age structure of fish stocks. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 41(5): 826-827.

SMITH, S.J. 1984. Statistical consulting in fisheries science. *Fisheries* 9(5): 16-18.

STEIGER, T. and JANSKA, L.F. 1984. Jurassic limestones of the seaward edge of the Mazagan carbonate platform, northwest African continental margin, Morocco. In Initial reports of the Deep Sea Drilling Project: Eds. K. Hinz, E.L. Winterer, et al. Washington, D.C.; U.S. Government Printing Office 79: 449-477.

STEPHENSON, R.J., TAN, F.C., and MANN, K.H. 1984. Stable carbon isotope variability in marine macrophytes and its implication for food web studies. *Marine Biology* 81(3): 223-230.

STOFFYN, M. 1984. Vertical distribution of trace elements in the surface waters offshore Nova Scotia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 18(4): 433-445.

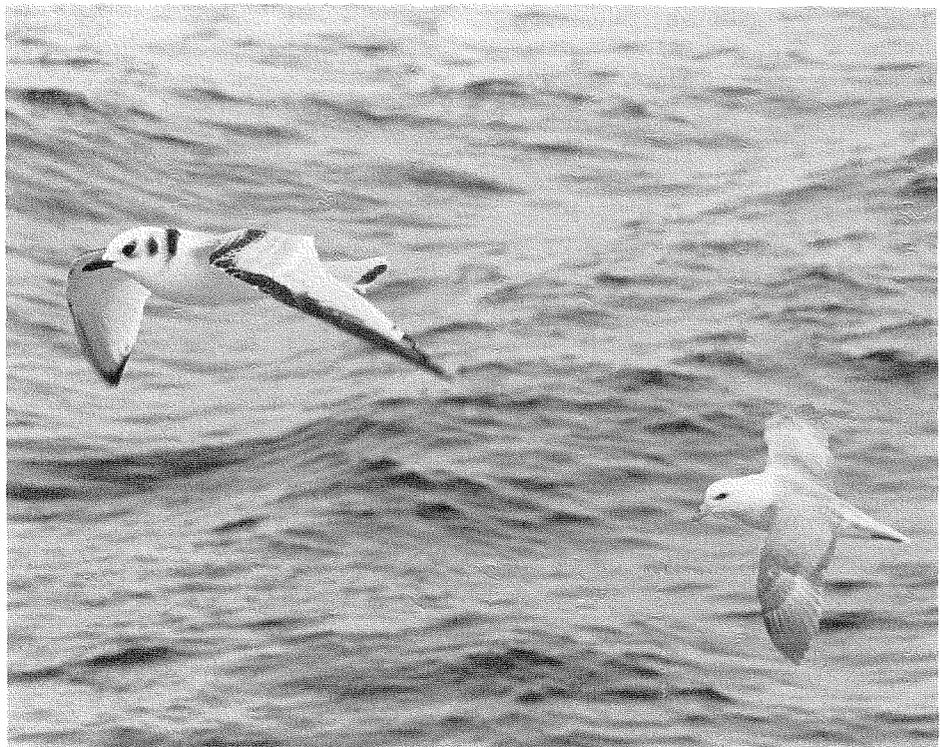
STOFFYN-EGLI, P. and MACKENZIE, F.T. 1984. Mass balance of dissolved lithium in the oceans. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48(4): 859-872.

STOW, D.A.V., ALAM, M., and PIPER, D.J.W. 1984. Sedimentology of the Halifax Formation, Nova Scotia: Lower Palaeozoic fine-grained turbidites. In Fine-grained Sediments: Deep-Water Processes and Facies; Eds. D.A.V. Stow and D.J.W. Piper. Oxford; Published for the Geological Society by Blackwell Scientific Publications: 127-144.

STOW, D.A.V. and PIPER, D.J.W. (Editors). 1984. Fine-grained sediments: Deep-water processes and facies. Oxford; Published for the Geological Society by Blackwell Scientific Publications: 659 p.

STOW, D.A.V. and PIPER, D.J.W. 1984. Deep-water fine-grained sediments: Facies models. In Fine-grained Sediments: Deep-Water Processes and Facies; Eds. D.A.V. Stow and D.J.W. Piper. Oxford; Published for the Geological Society by Blackwell Scientific Publications: 611-646.

STOW, D.A.V. and PIPER, D.J.W. 1984. Deep-water fine-grained sediments: History, methodology and terminology. In Fine-grained Sediments: Deep-water Process and Facies, Eds. D.A.V. Stow and D.J.W. Piper. Oxford; Published for the



ROGER BELANGER

Fulmars boréaux dans les eaux de l'Atlantique nord

Geological Society by Blackwell Scientific Publications: 3-14.

SUBBA RAO, D.V. and PLATT, T. 1984. Primary production of Arctic waters *Polar Biology* 3(4): 191-201.

SUBBA RAO, D.V. and YEATS, P.A. 1984. Effect of iron on phytoplankton production in the Sargasso Sea. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 81: 281-289.

SYMONDS, G. 1984. Bedford Institute of Oceanography buoy program. In MIZEX: A program for Mesoscale Air-Ice-Ocean Interaction Experiments in Arctic Marginal Ice Zones: V: MIZEX 84 Summer Experiment PI Preliminary Reports; Eds. O.M. Johannessen and D.A. Horn. U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Special Report 84-29: 63-65.

SYMONDS, G. and BOWEN, A.J. 1984. Interactions of nearshore bars with incoming wave groups. *Journal of Geophysical Research* 89(C2): 1953-1959.

SYMONDS, G. and PETERSON, I.K. 1984. MIZEX 83 — BIO buoy data summary. In MIZEX: A Program for Mesoscale Air-Ice-Ocean Interaction Experiments in Arctic Marginal Ice Zones: IV: Initial results and analysis from MIZEX 83; Eds. O.M. Johannessen and D.A. Horn. U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Special Report 84-28: 13-17.

SYMONDS, G. and PETERSON, I.K. 1984. MIZEX — Ice floe trajectories through the Greenland Sea. Canadian Data

Report of Hydrography and Ocean Sciences No. 33.

SYVITSKI, J.P.M. 1984. Q-mode factor analysis of grain size distributions. Geological Survey of Canada, Open File 965.

SYVITSKI, J.P.M. (Compiler). 1984. Sedimentology of Arctic fjords experiment: HU 83-028 data report, Vol. 2. Canadian Data Report of Hydrography and Ocean Sciences No. 28.

TANG, C.L. 1983. Cross-front mixing and frontal upwelling in a controlled quasi-permanent density front in the Gulf St. Lawrence. *Journal of Physical Oceanography* 13(8): 1468-1481.

TAYLOR, R.B. and FROBEL, D. 1984. Coastal surveys — Jones Sound, District of Franklin. Geological Survey of Canada, Paper 84-1B: 25-32.

TAYLOR, R.B. and KELLY, B.J. 1984. Beach observations along the east coast of Cape Breton Highlands National Park, Nova Scotia. Geological Survey of Canada, Open File Report 1119.

TAYLOR, R.B. and McCANN, S.B. 1983. Coastal depositional landforms in northern Canada. In Shorelines and Isostasy; Eds. D.E. Smith and A.G. Dawson. London; Academic Press: 53-75.

THOMPSON, K.R., MARSDEN, R.F., and WRIGHT, D.G. 1983. Estimation of low-frequency wind stress fluctuations over the open ocean. *Journal of Physical Oceanography* 13(6): 1003-1011.

TOPLISS, B.J. 1984. Aircraft multispectral remote sensing of suspended sediments in a turbid macrotidal environment. *Journal of the International Association for Mathematical Geology* 16(7): 719-735.

TOPLISS, B.J. 1984. An application of eigenvector analysis methods to water colour data. Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences No. 41.

TOPLISS, B.J. 1984. Remote sensing of bathymetry: An investigation into the effect of bottom reflectance on passive upwelling spectral irradiance. Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences No. 42.

TRITIES, R.W. and DRINKWATER, K.F. 1984. Overview of environmental conditions in the Northwest Atlantic in 1982. Northwest Atlantic Fisheries Organization, *Scientific Council Studies* 7: 7-25.

TRITES, R.W. and DRINKWATER, K.F. 1984. Overview of environmental conditions in the Northwest Atlantic in 1983. Northwest Atlantic Fisheries Organization, Scientific Council Report, 84/VI/70.

TRITES, R.W., McLAIN, D.R., and INGHAM, M.C. 1984. Sea surface temperatures along the continental shelf — Hamilton Bank to Cape Hatteras. Northwest Atlantic Fisheries Organization, Scientific Council Report 84/VI/67.

VANDERMEULEN, J.H. 1984. Effects of chemical contaminants in the coastal zone. *In The Law of the Sea and Ocean Industry: New Opportunities and Restraints; Eds. D.M. Johnston and N.G. Letalik. Law of the Sea Institute, University of Hawaii: 270-281.*

VANDERMEULEN, J.H. and GILFILLAN, E.S. 1984. Petroleum pollution, corals and mangroves. *Marine Technology Society Journal* 18(3): 62-72.

VARMA, H. 1984. An interactive graphics editor for hydrography. *Lighthouse* 30: 20-23.

VILKS, G. 1983. Marine geology, by J.P. Kennett [Book Review]. *Geoscience Canada* 10(4): 222-223.

VILKS, G. 1984. Pleistocene-Holocene basin sedimentation, east coast of Canada. Geological Survey of Canada, Paper 84-1A: 643-646.

VILKS, G., HARDY, I., and JOSEPHANS, H.W. 1984. Late Quaternary stratigraphy



La session d'été 1985 de l'Institut océanologique international de l'Université Dalhousie a attiré des participants venant de 20 pays en développement. Ce groupe a été photographié pendant sa visite de l'IOB.

of the inner Labrador Shelf. Geological Survey of Canada, Paper 84-1A: 57-65.

WAGNER, F.J.E. 1984. Illustrated catalogue of the Mollusca (Gastropoda and Bivalvia) in the Atlantic Geoscience Centre index collection. Ottawa; Geological Survey of Canada: 76 p.

WAIWOOD, K. and MAJKOWSKI, J. 1984. Food consumption and diet composition of cod, *Gadus morhua*, inhabiting the southwestern Gulf of St. Lawrence. *Environmental Biology of Fishes* 11(1): 63-78.

WALDRON, D.E. and HARRIS, C. 1984. Assessment of the Scotian Shelf silver lake population size in 1983. Northwest Atlantic Fisheries Organization, Scientific Council Report 84/VI/85.

WALDRON, D.E. and SINCLAIR, A.F. 1984. Analysis of by-catches observed in the Scotian Shelf foreign fishery and their impact on domestic fisheries. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, Research Document 84/101.

WALKER, R.E. 1984. Wave statistics for the North Atlantic — 1970 to 1982. Canadian Data Report of Hydrography and Ocean Sciences No. 16.

WEDLER, E. and TAYLOR, R.B. 1984. X- and C-band SAR image response over Malpeque barrier system, Prince Edward Island, Canada. *In Technical papers of the American Society of Photogrammetry Annual Meeting (50th: 1984: Washington, DC). Falls Church, Va.: The Society: 21-32.*

WILLIAMSON, M.A., KEEN, C.E., and MUDIE, P.J. 1984. Foraminiferal distribu-

tion on the continental margin off Nova Scotia. *Marine Micropaleontology* 9(3): 219-239.

WILSON, R.C.H. and ADDISON, R.F. (Editors). 1984. Health of the Northwest Atlantic; A Report to the Interdepartmental Committee on Environmental Issues. Dartmouth, N.S.; Department of the Environment/Department of Fisheries and Ocean/Department of Energy, Mines and Resources: 174 p.

WINTERS, G.V., BUCKLEY, D.E., CRANSTON, R.E., FITZGERALD, R.A., and STOFFYN, M. 1984. Geological and geochemical data for sediment of pore water samples from the northeastern Pacific Ocean off the coast of Cape Mendocino, California. Geological Survey of Canada, Open File Report 1034.

WINTERS, G.V., BUCKLEY, D.E., GRANSTON, R.E., FITZGERALD, R.A., STOFFYN, M., and STOFFYN-EGLI, P. 1984. Geological and geochemical data for sediment and pore water samples from the Sohm abyssal plain, North Western Atlantic Ocean. Geological Survey of Canada, Open File Report 1082.

WINTER, G.V., BUCKLEY, D.E., GRANSTON, R.E., FITZGERALD, R.A., STOFFYN, M., and STOFFYN-EGLI, P. 1984. Geological and geochemical data for sediment and pore water samples from the Nares abyssal plain, North Western Atlantic Ocean. Geological Survey of Canada, Open File Report 1108.

WRIGHT, D.G., and LODER, J.W. 1983. Time-averaged forms of the nonlinear stress law. *Journal of Physical Oceanography* 13(2): 341-345.

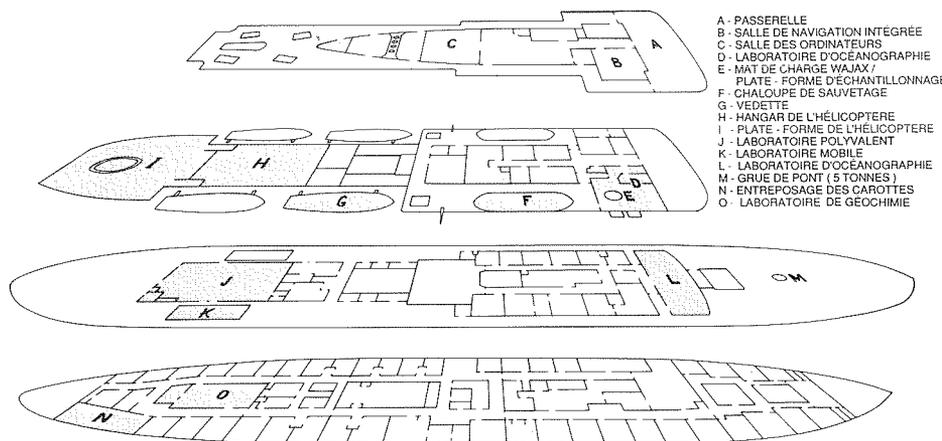
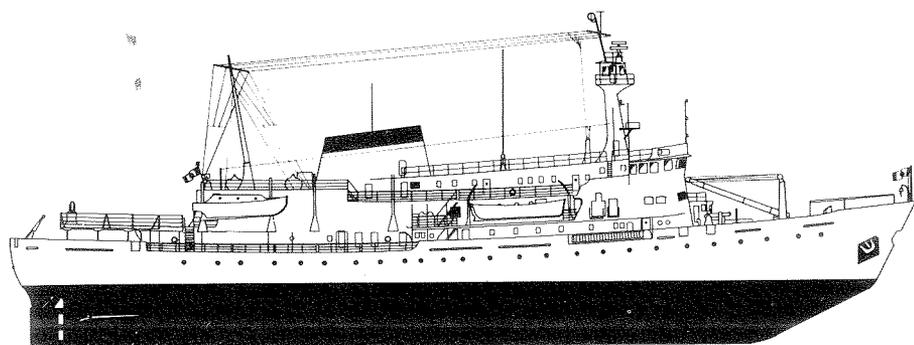
WRIGHT, D.G. and LODER, J.W. 1985. A depth-dependant study of the topographic rectification of tidal currents. *Geophysical and Astrophysical Fluid Dynamics* 31(3): 169-220.

WRIGHT, J.A., KEEN, C.E., and KEEN, M.J. 1984. Marine heat from along the northeast coast of Newfoundland. Geological Survey of Canada, Paper 84-1B: 93-100.

ZWANENBURG, K. 1984. An assessment of Northwest Atlantic grey seal (*Halichoerus grypus*) population for 1983. Canadian Atlantic Fisheries Scientific Advisory Committee, Research Document 84/9.

Expéditions réalisées en 1984*

NSC HUDSON



- Le NSC *Hudson* est un navire à propulsion diesel-électrique équipé et utilisé pour des projets pluridisciplinaires de recherche océanographique. Il appartient au ministère fédéral des Pêches et des Océans.

- Caractéristiques principales — Coque « Lloyds Ice Class 1 » . . . 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 nœuds . . . vitesse de croisière de 13 nœuds sur une mer de force 3 . . . autonomie de 80 jours et 23 000 milles marins 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.

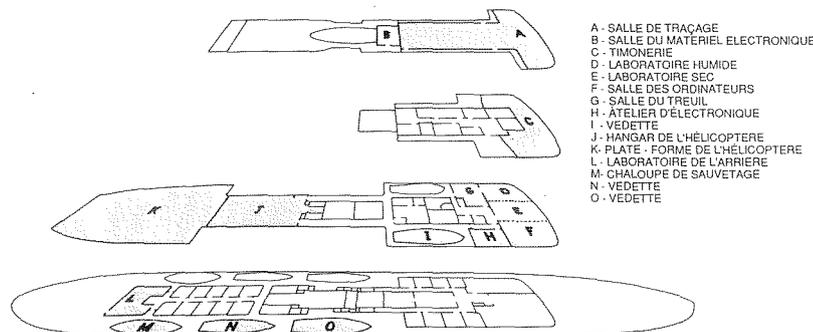
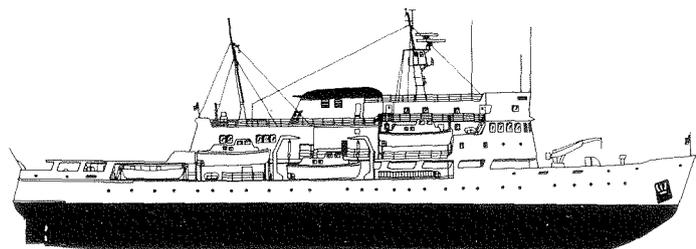
- 225 jours en mer et 30 978 milles marins parcourus en 1984.

| ANNÉE ET NUMÉRO DE L'EXPÉDITION | DATES | RESPONSABLE | ZONE COUVERTE | OBJECTIFS |
|---------------------------------|----------------------------|-------------------|---|---|
| 84-001 | du 24 janvier au 8 février | G.L. Bugden, LOA | Golfe du Saint-Laurent | Réoccupation des stations de la grille standard de prévision des glaces; récupération de bouées suivies par satellite; échantillonnage et collecte de données |
| 84-010 | du 9 au 19 avril | T. Platt, LEM | Grands Bancs de Terre-Neuve | Relevé de nature biologique |
| 84-012 | du 27 avril au 15 mai | R.M. Hendry, LOA | Gulf Stream au sud de la N.-É. | Récupération et redéploiement de courantomètres; relevé CTP |
| 84-021 | du 25 mai au 15 juin | C.E. Keen, CGA | Marge continentale | Mesures du flux thermique; relevé sismique |
| 84-024 | du 18 au 22 juin | C.F.M. Lewis, CGA | Région du chenal d'Avalon; ouest des Bancs de Terre-Neuve | Cartographie géophysique et échantillonnage géologique; essais d'un système de sismique réflexion à faible profondeur et de vidéo en eau profonde |

*On utilise les abréviations suivantes ici : CGA — Centre géoscientifique de l'Atlantique; LEM — Laboratoire d'écologie marine; LOA — Laboratoire océanographique de l'Atlantique; MPO — Ministère des Pêches et des Océans; NSC — navire scientifique canadien; NSRF — Nova Scotia Research Foundation; OPANO — Organisation des Pêches de l'Atlantique Nord-Ouest; SCH — Service hydrographique du Canada; SPA — Service des Pêches dans l'Atlantique (du MPO).

| | | | | |
|--------|--------------------------------------|------------------------------------|--|---|
| 84-026 | du 22 juin au 7 juillet | J.R.N. Lazier, LOA | Banc Hamilton, sud du plateau du Labrador | Remplacement d'instruments; relevé CTP/Batfish; échantillonnage biologique |
| 84-029 | du 18 au 25 juillet | G.B. Fader, CGA | Bassin de Bedford; plateau Scotian et talus | Essai du système Seabed II de cartographie des eaux profondes; évaluation du récepteur portée/relevé Hydrostar; collecte de sonogrammes en balayage latéral en eau peu profonde, échantillons de fond et photographie du fond sur le banc de l'Île de Sable |
| 84-030 | du 27 juillet au 26 août | S.P. Srivastava, CGA | Mer du Labrador | Travaux de sismique réflexion et réfraction; collecte de carottages des sédiments; mesures du flux thermique; mesures du magnétisme |
| 84-035 | du 28 août au 11 septembre (Phase I) | C.T. Schafer, CGA | Chenal des Icebergs; éperon Sackville; éperon Hamilton; talus du Labrador; rebord est du banc Makkovic | Étude de la géologie des dépôts meubles et de la morphologie du talus et du glaciais à l'aide du sonar à balayage latéral SeaMARC I remorqué en profondeur |
| 84-035 | du 11 au 28 septembre (Phase II) | B. MacLean, CGA | Plateau et talus du Labrador et du sud-est de la terre de Baffin | Étude du plateau et du talus continental à l'aide du système SeaMARC I |
| 84-038 | du 28 septembre au 4 octobre | J.R.N. Lazier, LOA | Banc Hamilton, sud du plateau du Labrador | Remplacement d'instruments; levé CTP; collecte de carottes dans le lac Melville |
| 84-040 | du 6 au 23 octobre | D.J.W. Piper, CGA | Vallée est du cône Laurentien; talus Scotian | Étude des processus de sédimentation; collecte de données à l'aide du système SeaMARC I remorqué en profondeur pour améliorer la stratigraphie acoustique |
| 84-045 | du 30 octobre au 9 novembre | P.J.C. Ryall, Université Dalhousie | St. Georges, Bermudes | Essais d'une foreuse pour fond rocheux et d'une caméra T.V. remorquée; prélèvement par carottier à boîte |
| 84-046 | du 10 au 29 novembre | D.E. Buckley, CGA | Sud de la plaine abyssales Nares, Barbades | Étude des sédiments des eaux profondes et de la biologie benthique |
| 84-049 | du 1 ^{er} au 18 décembre | T. Platt, LEM | Plateau continental des Antilles et des É.-U. | Biologie du plancton; prélèvement de larves de calmar |

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 appartient au ministère fédéral des Pêches et des Océans.
- Caractéristiques principales — Coque « Lloyds 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 maximum de 15,5 nœuds . . . vitesse de croisière de 10 nœuds sur une mer de force 3 . . . autonomie de 76 jours et 18 000 milles marins 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.
- 231 jours en mer et 29 870 milles marins parcourus en 1984.

| ANNÉE ET NUMÉRO DE L'EXPÉDITION | DATES | RESPONSABLES | ZONE COUVERTE | OBJECTIFS |
|---------------------------------|--|--|---|---|
| 84-004 | du 13 au 30 mars | D. Bowen, MPO, St. John's (T.-N.) | Sud-est du Labrador | Collecte de données sur le phoque du Groenland et le phoque à capuchon |
| 84-015 | du 1 ^{er} au 31 mai (Phase I) | V.J. Gaudet, SHC | Île de Sable | Cartes de navigation standard |
| | du 4 au 15 juin (Phase II) | V.J. Gaudet, SHC | Plate-forme Scotian | Cartes de navigation standard |
| | du 19 juin au 26 juillet (Phase III) | V.J. Gaudet, SHC | Baie Notre-Dame (T.-N.) | Levés hydrographiques |
| | du 14 août au 25 septembre (Phase IV) | V.J. Gaudet, SHC; A.R. Ruffman (Geomarine Associates Ltd.) | Détroit de Jones | Établissement de cartes standard de navigation Géologie des dépôts meubles |
| 84-031 | du 29 juillet au 14 août | J.N. Smith, LOA | Baie de Baffin; port de Thulé | Collecte d'échantillons d'eau, de carottes de sédiments et d'échantillons du biote pour la recherche des radionucléides |
| 84-039 | du 25 septembre au 12 octobre | C.K. Ross, LOA | Baie de Baffin | Récupération et déploiement d'instruments; levé CTP |
| 84-044 | 19 octobre au 30 novembre | G. Henderson, SHC | Banc à Vert, banc Saint-Pierre et chenal Laurentien | Levé pluridisciplinaire : bathymétrie, gravité et magnétisme |

NSC DAWSON



ROGER BÉLANGER

- Le nsc *Dawson* est un navire à propulsion diesel équipé pour la recherche océanographique pluridisciplinaire, les levés hydrographiques et la mise en place d'instruments en eau profonde et peu profonde. Il appartient au ministère fédéral des Pêches et des Océans.
- 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 maximum de 14 nœuds . . . vitesse de croisière de 10 nœuds sur une mer de force 3 . . . autonomie de 45 jours et 11 000 milles marins à vitesse de croisière . . . équipe scientifique de 13 personnes . . . superficie de 87,3 m² répartie en quatre laboratoires . . . salle d'ordinateur . . . deux hélices et propulseur d'étrave pour tenir la position . . . une vedette de levé.
- 244 jours en mer et 25 809 milles marins parcourus en 1984.

| ANNÉE ET NUMÉRO DE L'EXPÉDITION | DATES | RESPONSABLE | ZONE COUVERTE | OBJECTIFS |
|---------------------------------|-------------------------|------------------|------------------------------------|--|
| 84-002 | du 16 au 22 février | G. Fowler, LOA | Bassin de Bedford | Essai du système TV en eau profonde de Dalhousie, et de la foreuse Nordco |
| 84-003 | du 17 février au 6 mars | D. Bidgood, NSRF | Banc Saint-Pierre | Carottage à piston et profils de sismique réflexion à haute résolution; essai d'un dispositif à balayage latéral |
| 84-005 | du 8 au 16 mars | C. Amos, CGA | Banc de l'Île de Sable; Banquereau | Levés de sismique à haute résolution en eau peu profonde et au sonar à balayage latéral |

| | | | | |
|--------|---|---|--|--|
| 84-006 | du 19 au 24 mars | B. Johnson, Université Dalhousie | Banc de l'Île de Sable; Banquereau | Levé sismique à des fins de prospection pétrolière et gazière; évaluation du matériel; échantillonnage du zooplancton |
| 84-007 | du 27 mars au 4 avril | N.S. Oakey, LOA | Cône Laurentien | Étude des processus de brassage et de la turbulence dans la couche mixte; essai et évaluation d'EPSONDE II |
| 84-008 | du 22 au 29 mai | P.C. Smith, LOA | Banc Browns | Récupération et remise en place d'instruments; levés hydrographiques; échantillonnage biologique dans la couche de surface; repérage et récupération de bouées dérivantes de surface |
| 84-009 | du 6 au 19 avril | A.W. Herman, LOA | Chenal Laurentien, plate-forme Scotian | Relevés du zooplancton et du phytoplancton; essais de matériel; essais d'un compteur optique à plancton avec servocommande |
| 84-011 | du 24 avril au 1 ^{er} mars | D. Scott, Dalhousie | Nord de la plate-forme Scotian | Levés sismiques et carottage à piston |
| 84-016 | du 2 au 8 mai | K.T. Frank, LEM | Banc Browns, sud-ouest de la Nouvelle-Écosse | Mesure de la production halieutique par échantillonnage biologique et physique intensif à l'aide du mini-BIONESS et d'un profileur de courant Ametek |
| 84-017 | du 10 au 16 mai | D.L. McKeown, LOA | Plate-forme et talus Scotian | Évaluation du matériel de positionnement acoustique; expériences sur les techniques d'amarrage; essai d'un échantillonneur de particules en mer |
| 84-020 | du 21 juin au 7 juillet | H. Miller, Université Memorial | Côte sud de T.-N.; baie Placentia et baie St. George | Levé gravimétrique sous-marin; mesure du flux thermique et mise en place de courantomètres |
| 84-023 | du 5 au 20 juin | S.D. Smith, LOA | Plate-forme de Terre-Neuve | Collecte de données pour la modélisation de la dérive des icebergs; récupération de marégraphes et d'une bouée météorologique |
| 84-025 | du 10 au 16 juin | J.N. Smith, LOA | Région de Pointe-Lepreau, baie de Fundy | Surveillance du milieu naturel |
| 84-027 | du 16 au 22 juillet | K.T. Frank, LEM | Banc Browns, sud-ouest de la N.-É. | Échantillonnage à l'aide du mini-BIOMESS; profils Ametek; prélèvement de plancton; essai de matériel acoustique à haute fréquence |
| 84-028 | du 29 septembre au 12 octobre | T. Platt, LEM | Sud des Grands Bancs | Étude de la dynamique de la distribution et de la croissance du microplancton |
| 84-033 | du 24 au 31 juillet (Phase I) | T. Chriss et D. Huntley, Université Dalhousie | Région du bassin Émeraude | Essais et collecte de données sur la turbulence du fond à l'aide d'instruments montés sur trépied; photographies stéréo du fond; palanquées de sondes CTP et de rosettes |
| | du 31 juillet au 2 août (Phase II) | R. Boyd, Université Dalhousie | Côte est de la N.-É. | Profils sous le fond par balayage latéral et par sismique |
| 84-034 | du 15 août au 1 ^{er} septembre | J.A. Elliott, LOA | Rebord de la plate-forme Scotian | Étude des poussées de courant produites par des ondes internes à grande amplitude |
| 84-036 | du 5 au 19 septembre | R.M. Hendry, LOA | Gulf Stream, 39°30'N, 59°00'O | Étude de la variabilité du Gulf Stream; levé CTP/BT à sonde perdue; récupération d'un amarrage; échantillonnage de l'eau |

| | | | | |
|--------|----------------------------------|--|--|---|
| 84-037 | du 15 au 29 octobre | D.D. Sameoto, LEM | Est de la plate-forme Scotian et ouest des Grands Bancs | Étude de la distribution de la chlorophylle et du zooplancton |
| 84-041 | du 1 ^{er} au 7 novembre | J.K. McRuer, LEM | Sud-ouest de la N.-É. | Mesure des processus de production halieutique |
| 84-042 | du 20 au 27 septembre | T. Chriss, Université Dalhousie | Bassin Emerald et banc de l'Île de Sable | Collecte de données sur la turbulence au fond et sur l'état du fond |
| 84-043 | du 14 au 27 novembre | P.C. Smith, LOA | Sud-ouest de la N.-É. | Récupération et déploiement d'amarrages de surface à court et à long terme; expériences sur la dérive; levé CTP |
| 84-048 | du 29 novembre au 7 décembre | G.L. Bugden, LOA | Plate-forme Scotian, golfe du Saint-Laurent | Récupération de marégraphes; levé CTP; amarrage de bouées satellitaires |
| 84-050 | du 7 au 15 décembre | G. Gartner et A. Hay Université Memorial | Baie d'Espoir, baie de Fortune et baie Hermitage (T.-N.) | Échantillonnage biologique; levés CTP et photographiques; levés sismiques |

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.
- Caractéristiques principales — construit en 1962 . . . 35 m de longueur hors-tout . . . 7,6 m de longueur hors-membre . . . 2,1 m de tirant d'eau maximum . . . 270 tonnes de déplacement . . . 262 tonnes de jauge brute . . . vitesse maximum de 12,2 nœuds . . . vitesse de croisière de 10 nœuds sur une mer de force 2 . . . autonomie de 10 jours et 2 400 milles marins à vitesse de croisière . . . équipe scientifique de 7 personnes . . . installations de dessin et de traçage . . . deux vedettes de levés.
- 167 jours en mer et 5 683 milles marins parcourus en 1984.



ROGER BÉLANGER

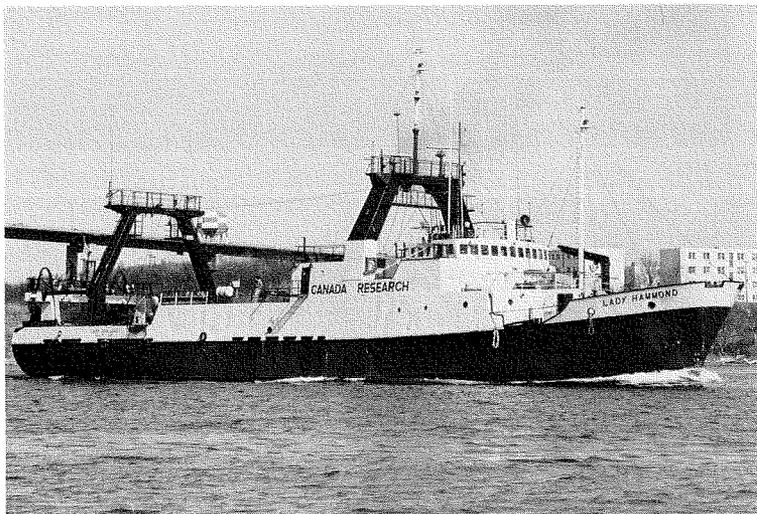
| ANNÉE ET NUMÉRO DE L'EXPÉDITION | DATES | RESPONSABLE | ZONE COUVERTE | OBJECTIFS |
|---------------------------------|--|----------------|--|--|
| 84-013 | du 12 au 26 juin | M. Eaton, SHC | Halifax/Sydney | Étalonnage du Loran-C; essais du NAVSTAR |
| 84-018 | du 1 ^{er} mai au 8 juin (Phase I) | D. Blaney, SHC | Baie de Fundy | Cartes de navigation standard |
| | du 26 juin au 2 août (Phase II) | D. Blaney, SHC | Baie de Fundy | Cartes de navigation standard |
| | du 7 août au 2 novembre (Phase III) | D. Blaney, SHC | Détroit de Belle Isle; Argentina (T.-N.) | Cartes de navigation standard |



NSC NAVICULA

- Le nsc *Navicula* est un bateau de pêche à coque de bois appartenant au ministère fédéral des Pêches et des Océans; il est utilisé 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.
- 142 jours en mer et 3 580 milles marins parcourus en 1984.

| ANNÉE ET NUMÉRO DE L'EXPÉDITION | DATES | RESPONSABLE | ZONE COUVERTE | OBJECTIFS |
|---------------------------------|---|------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| 84-014 | du 7 au 29 mai (Phase I) | G. Rockwell, SHC | Détroit de Northumberland | Révision des cartes de navigation |
| 84-014 | du 8 septembre au 26 octobre (Phase II) | G. Rockwell, SHC | Détroit de Northumberland | Révision des cartes de navigation |
| 84-022 | du 1 ^{er} juin au 31 juillet | T. Lambert, LEM | Baie St. George | Échantillonnage de l'ichtyoplancton |



LADY HAMMOND

- Le *Lady Hammond*, chalutier transformé, appartient à la Northlake Shipping Ltd. et est affrété par le ministère des Pêches et des Océans. Il est utilisé exclusivement pour la recherche sur les pêches par le Service des pêches de l'Atlantique du MPO (région Scotia-Fundy) : son usager principal est la Division des poissons de mer, qui possède des éléments à l'IOB et à St. Andrews (N.-B.). Sauf indication contraire, dans tout le reste du chapitre, les « responsables » relèvent de la région Scotia-Fundy du Service des pêches de l'Atlantique. Le personnel des autres régions (Québec, Golfe ou Terre-Neuve) est signalé par son appartenance.
- 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 nœuds . . . vitesse de croisière de 12 nœuds.

| NUMÉRO DE L'EXPÉDITION | DATES | RESPONSABLE | ZONE COUVERTE | OBJECTIFS |
|------------------------|---------------------|---------------|--|------------------------------|
| H111 | du 15 au 17 janvier | T. Rowell | Div. 4X de l'OPANO, de la sous-zone 5 à la Floride | Étude du calmar, Gulf Stream |
| H112 | du 7 au 24 février | P. Hurley | OPANO 4X, 5Ze | Étude de l'ichtyoplancton |
| H113 | du 2 au 6 mars | G. McClelland | OPANO 4X | Étude des parasites |
| H114 | du 22 au 30 mars | P. Hurley | OPANO 4X, 5Ze | Étude de l'ichtyoplancton |
| H115 | du 2 au 13 avril | K. Zwanenburg | OPANO 4VWX, 5Ze | Campagne d'étude du sébaste |
| H116 | du 17 au 26 avril | P. Hurley | OPANO 4X, 5Ze | Étude de l'ichtyoplancton |

| | | | | |
|------|-------------------------------|--------------------------|-------------------|--|
| H117 | du 2 au 11 mai | W. Hickey | OPANO 4VWX | Comparaison des mailles en carré et en losange |
| H118 | du 14 au 24 mai | P. Hurley | OPANO 4X, 5Ze | Étude de l'ichtyoplancton |
| H119 | du 28 mai au 8 juin | A. Gascon, SPA QUÉBEC | OPANO 4S | Marquage des morues |
| H120 | du 12 au 22 juin | P. Hurley | OPANO 4X, 5Ze | Étude de l'ichtyoplancton |
| H121 | du 25 juin au 18 juillet | P. Rubec, SPA GOLFE | OPANO 4T | Campagne d'étude du sébaste |
| H122 | du 20 juillet au 10 août | S. Akenhead, SPA T.-N. | OPANO 2J, 3KLMNOP | Levés océanographiques |
| H123 | du 15 au 31 août | G. Sharp | OPANO 4X | Étude des larves de homard et essais d'engins |
| H124 | du 4 au 16 septembre | L. Savard, SPA QUÉBEC | OPANO 4RST | Campagne d'étude de la crevette |
| H125 | du 18 au 27 septembre | A. Frechette, SPA QUÉBEC | OPANO 4RST | Collecte d'estomacs, ichtyoplancton |
| H126 | du 6 au 22 octobre | D. Waldron | OPANO 4X, 5Z, Y | Campagne de chalutage du merlu argenté |
| H127 | du 10 octobre au 5 novembre | R. Halliday | OPANO 4VWX | Chalutage en eau profonde |
| H128 | du 8 au 19 novembre | P. Hurley | OPANO 4X | Essais d'engins |
| H129 | du 22 novembre au 10 décembre | J. McGlade | OPANO 4WX, 5Z, Y | Campagne de chalutage de la goberge |

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. Propriété du ministère fédéral des Pêches et des Océans, il est exploité par le Service des pêches de l'Atlantique (région Scotia-Fundy).
- Caractéristiques principales — construit en 1966 . . . 39,9 m de longueur hors-tout . . . 8,2 m de largeur hors-membre . . . 3,6 m de tirant d'eau maximum . . . 421 tonnes de déplacement . . . 406 tonnes de jauge brute.



HEINZ WIELE

| NUMÉRO DE L'EXPÉDITION | DATES | RESPONSABLE | ZONE COUVERTE | OBJECTIFS |
|------------------------|-----------------------------|----------------|---------------|--|
| P300 | du 21 janvier au 21 février | U. Buerkle | OPANO 4VW | Relevé acoustique du hareng, baie Chedabucto |
| P301 | du 27 février au 16 mars | J. Sochasky | OPANO 4X | Étude des larves de hareng |
| P302 | du 21 au 29 mars | L. Dickie, LEM | OPANO 4X | Expérience d'acoustique en écologie |
| P303 | du 2 au 9 avril | W. Hickey | OPANO 4W | Comparaison des mailles en carré et en losange |

| | | | | |
|------|-----------------------------------|----------------------|--------------------------|--|
| P304 | du 16 au 27 avril | J. Worms, SPA GOLFE | OPANO 4T | Campagne d'étude du crabe |
| P305 | du 4 avril au 12 mai | R. Mohn | OPANO 4VM | Campagne d'étude de la crevette |
| P306 | du 15 au 26 mai | W. Lundy | OPANO 4VWX | Campagne d'étude du pétoncle |
| P307 | du 30 mai au 8 juin | W. Hickey | OPANO 4VM | Comparaison des mailles en carré et en losange |
| P308 | du 15 au 29 juin | J. Dawe, SPA T.-N. | OPANO 3PSLNO | Campagne d'étude du calmar |
| P309 | du 3 au 20 juillet | C. Taylor, SPA T.-N. | OPANO 3KL | Campagne d'étude du crabe des neiges |
| P310 | du 23 au 27 juillet | R. Mohn | OPANO 4VM | Campagne d'étude de la crevette |
| P311 | du 31 juillet au 22 août | J. Robert | OPANO 5Ze, 4X | Campagne d'étude du pétoncle |
| P312 | du 5 septembre au 4 octobre | D. Clay, SPA GOLFE | OPANO 4T (eaux côtières) | Campagne d'étude de la merluche blanche |
| P313 | du 9 au 16 octobre | J. Tremblay | OPANO 4X | Campagne d'étude des larves de pétoncle |
| P314 | du 19 au 27 octobre | M. Etter | OPANO 4VM | Campagne d'étude de la crevette |
| P315 | du 1 ^{er} au 15 novembre | M. Power | OPANO 4X | Campagne d'étude des larves de hareng |
| P316 | du 19 au 28 novembre | D. Wildish | OPANO 4X | Campagne d'étude du benthos |



ROGER BÉLANGER

V.M. ALFRED W.H. NEEDLER

- Le *V.M. Alfred W.H. Needler* est un navire à propulsion diesel qui appartient au ministère fédéral des Pêches et des Océans. Il est utilisé pour la recherche sur les pêches par le Service des pêches de l'Atlantique (région Scotia-Fundy).
- Caractéristiques principales — construit en 1982 . . . 50,3 m de longueur hors-tout . . . 10,9 m de largeur . . . 925,03 tonnes de jauge brute . . . équipe scientifique de 10 personnes . . . équipement ultra-moderne de systèmes de communication, d'appareils électroniques, d'aides à la navigation, d'instruments de recherche et d'engins de pêche.

| NUMÉRO DE L'EXPÉDITION | DATES | RESPONSABLE | ZONE COUVERTE | OBJECTIFS |
|------------------------|----------------------------|----------------------|---------------|-------------------------------------|
| N021 | du 16 au 22 janvier | L. Dickie, LEM | OPANO 4WX | Expérience d'acoustique avec ECOLOG |
| N022 | du 27 janvier au 5 février | M. Ahrens, SPA GOLFE | OPANO 4VN | Campagne d'étude du hareng |

| | | | | |
|---------|-------------------------------|-------------------------|-----------------|---|
| N023 | du 13 au 28 février | W. Smith | OPANO 4X, 5Ze | Marquage de la morue et de l'églefin |
| N024-25 | du 2 au 27 mars | J. Neilson/J. Scott | OPANO 4VW | Campagne de chalutage du poisson de fond |
| N026 | du 9 au 18 avril | J.W. Baird, SPA T.-N. | OPANO 3Ps | Campagne d'étude du poisson de fond |
| N027 | du 26 avril au 10 mai | C.A. Rose, SPA T.-N. | OPANO 3NO | Campagne d'étude du poisson de fond |
| N028 | du 17 au 21 mai | G.H. Kean, SPA T.-N. | OPANO 3L | Campagne d'étude du poisson de fond |
| N029 | du 4 au 14 juin | J. Neilson | OPANO 5X, 5Ze | Campagne d'étude des églefins juvéniles |
| N030 | du 18 juin au 7 juillet | J.J. Maguire, SPA GOLFE | OPANO 4T | Campagne d'étude des larves de maquereau |
| N031-32 | du 10 juillet au 2 août | S. Smith/J. Hunt | OPANO 4WX, 5Ze | Campagne de chalutage du poisson de fond |
| N033 | du 7 au 18 août | M. Ahrens, SPA GOLFE | OPANO 4T | Campagne d'étude des harengs juvéniles |
| N034 | du 6 au 13 septembre | L.M. Dickie, LEM | OPANO 4X | Relevé acoustique expérimental (LEM) |
| N035 | du 17 septembre au 10 octobre | J. Young | OPANO 4VWX, 5Ze | Étude de l'abondance du calmar par chalutage, marquage et essais d'engins |
| N036 | du 9 au 18 octobre | S. Smith | OPANO 4VM | Campagne de chalutage du poisson de fond |
| N037 | du 22 octobre au 2 novembre | M. Strong | OPANO 4WX | Campagne de chalutage du poisson de fond |
| N038 | du 5 au 30 novembre | M. Ahrens, SPA GOLFE | OPANO 4T | Relevé acoustique du hareng |

GADUS ATLANTICA*

| NUMÉRO DE L'EXPÉDITION | DATES | RESPONSABLE | ZONE COUVERTE | OBJECTIFS |
|------------------------|---------------------|-------------|----------------|--|
| GA92 | du 16 au 28 février | W.D. Smith | OPANO 4X et 5Z | Marquage, mesure et lâcher de morues en période de fraye |

* Le *Gadus Atlantica* est un bateau affrété par la région de Terre-Neuve du Service des pêches de l'Atlantique du MPO.

EXPÉDITIONS RÉALISÉES EN COLLABORATION

En 1984, la Division des poissons de mer a participé à des expéditions réalisées avec le navire de recherche soviétique *Let Kievu* (abréviation LK)

| NUMÉRO DE L'EXPÉDITION | DATES | RESPONSABLE | ZONE COUVERTE | OBJECTIFS |
|------------------------|-------------------------------|----------------------|---------------|--|
| LK03/04 | du 17 septembre au 26 octobre | B. Wood P. Perley | OPANO 4VWX | Mesure de l'abondance du merlu argenté du groupe O sur la plateforme Scotian |

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 comités 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 œuvrant dans le domaine des sciences de la mer : Huntec Ltd., Wycove Systems Ltd. et Franklin Computers Ltd.

Voici 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 1985. Les numéros de téléphone apparaissent sur la première liste : à noter que l'indicatif régional de la Nouvelle-Écosse est 902 et l'indicatif local de l'Institut 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.

MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OcéANS

| | |
|--|------|
| A.R. Longhurst | |
| DG - Directeur général | 3492 |
| DIO - Division de l'information océanique | |
| H.B. Nicholls, chef | 3246 |
| <i>Relations publiques</i> | |
| C.E. Murray, responsable | 3251 |
| SG - Services de gestion | |
| G.C. Bowdridge, responsable | 6166 |
| <i>Services administratifs</i> | |
| J. Broussard, chef par intérim | 7037 |
| <i>Services financiers</i> | |
| E. Pottier, chef | 7060 |
| <i>Services de la gestion du matériel</i> | |
| R.J. Stacey, chef | 3487 |
| SP - Services du personnel | |
| J.G. Feetham, responsable | 2366 |
| LOA - Laboratoire océanographique de l'Atlantique | |
| J.A. Elliott, directeur | 7456 |
| <i>LOA - 1. Océanographie chimique</i> | |
| J.M. Bowers, chef | 2371 |
| <i>LOA - 2. Océanographie côtière</i> | |
| C.S. Mason, chef | 3857 |
| <i>LOA - 3. Métrologie</i> | |
| D.L. McKeown, chef | 3489 |
| <i>LOA - 4. Circulation océanique</i> | |
| R.A. Clarke, chef | 2502 |

SHC - Service hydrographique du Canada (région de l'Atlantique)

| | |
|--|------|
| A.J. Kerr, directeur | 3497 |
| T.B. Smith, directeur adjoint | 2432 |
| <i>SHC - 1. Levés hydrographiques</i> | |
| R.C. Lewis, chef par intérim | 2411 |
| <i>SHC - 2. Production des cartes</i> | |
| T.B. Smith, chef par intérim | 2432 |
| <i>SHC - 3. Développement hydrographique</i> | |
| R.G. Burke, chef | 3657 |
| <i>SHC - 4. Navigation</i> | |
| R.M. Eaton, chef | 2572 |
| <i>SHC - 5. Planification et dossiers</i> | |
| R.C. Lewis, chef | 2411 |
| <i>SHC - 6. Marées</i> | |
| S.T. Grant, chef | 3846 |

LEM - Laboratoire d'écologie marine

| | |
|--|------|
| K.H. Mann, directeur | 3696 |
| <i>LEM - 1. Océanographie biologique</i> | |
| T.C. Platt, chef | 3793 |
| <i>LEM - 2. Qualité de l'environnement</i> | |
| B.T. Hargrave, chef | 3188 |
| <i>LEM - 3. Océanographie des pêches</i> | |
| D.C. Gordon, chef | 3278 |

RI - Ressources de l'Institut

| | |
|---|------|
| R.L.G. Gilbert, responsable | 3681 |
| <i>RI - 1. Navires</i> | |
| J. Parsons, chef | 7292 |
| <i>RI - 2. Services d'ingénierie</i> | |
| D.F. Dinn, chef | 3700 |
| <i>RI - 3. Services informatiques</i> | |
| D.M. Porteous, chef | 2452 |
| <i>RI - 4. Services de bibliothèque</i> | |

| | |
|--|------|
| J.E. Sutherland, chef | 3675 |
| <i>RI- 5. Service des publications</i> | |
| M.P. Latrémouille, chef | 5947 |

DPM - Division des poissons de mer

| | |
|--|------|
| W.D. Bowen, chef | 8390 |
| <i>CSCPCA - Comité scientifique consultatif des pêches canadiennes dans l'Atlantique-Secrétariat</i> | |
| D. Geddes | 8486 |

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT

UROM - Unité de recherche sur les oiseaux de mer (Service canadien de la faune)

| | |
|-----------------------|------|
| D.N. Nettleship, chef | 3274 |
|-----------------------|------|

MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE, DES MINES ET DES RESSOURCES

CGA - Centre géoscientifique de l'Atlantique (Geological Survey of Canada)

| | |
|--|------|
| M.J. Keen, directeur | 2367 |
| D.I. Ross, directeur adjoint | 3448 |
| <i>CGA - 1. Administration</i> | |
| C. Racine, chef | 2111 |
| <i>CGA - 2. Géologie du pétrole - secteur de l'Est</i> | |
| S. Bell, chef | 2730 |
| <i>CGA - 3. Géologie du milieu marin</i> | |
| D.J.W. Piper, chef | 7730 |
| <i>CGA - 4. Soutien des programmes</i> | |
| K.S. Manchester, chef | 3411 |
| <i>CGA - 5. Reconnaissance régionale</i> | |
| C.E. Keen, chef | 3413 |

LE PERSONNEL

ABRIEL, James *LOA-1*
 ACKER, Queenie *SG*
 ADAMS, Al *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*
 ARNOLD, Russell *Dawson*
 ASCOLI, Piero *CGA-2*
 ASPREY, Ken *CGA-3*
 ATKINSON, Karen *LOA-2*
 ATKINSON, Tony *CGA-4*
 AVERY, Mike *CGA-2*
 AVEY, David *Hudson*
 AWALT, Garon *RI-2*

BAKER, Lloyd *RI-1*
 BARSS, Sedley *CGA-2*
 BATES, Steve *LEM-1*
 BEALS, Carol *SHC*
 BEANLANDS, Brian *LOA-3*
 BEANLANDS, Diane *DPM*
 BEAVER, Darrell *CGA-4*
 BECK, Brian *DPM*
 BECK, Vince *RI-3*
 BELANGER, Roger *RI-5*
 BELL, Bill *Dawson*
 BELL, Sebastian *CGA-2*
 BELLEFONTAINE, Larry *LOA-2*
 BELLEFONTAINE, Linda *SG*
 BELLIVEAU, Don *LOA-3*
 BENNETT, Andrew *LOA-3*
 BENNETT, Bert *DIO*
 BERKELEY, Tom *SHC-3*
 BEST, Neville *Hudson*
 BETLEM, Jan *LOA-3*
 BEWERS, Michael *LOA-1*
 BLAKENEY, Claudia *CGA-3*
 BLANCHARD, Elaine *SG*
 BLANEY, Dave *SHC-1*
 BLASCO, Steve *CGA-3*
 BONANG, Faye *SG*
 BONANG, Linda *SG*
 BOND, Murray *SG*
 BOUDREAU, Gerry *LOA-4*
 BOUDREAU, Henri *SHC-1*
 BOUDREAU, Paul *LEM-3*
 BOWDRIDGE, Gordon *SG*
 BOWEN, Don *DPM*
 BOWEN, Eileen *SG*
 BOWMAN, Garnet *SHC-1*
 BOWSER, Mike *RI-2*
 BOYCE, Rick *LOA-2*
 BOYCE, William *CGA-4*
 BRANTON, Bob *DPM*
 BRINE, Doug *RI-3*
 BRODIE, Paul *LEM-3*
 BROUSSARD, Joan *SG*
 BROWN, Carolyn *CGA-1*
 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*

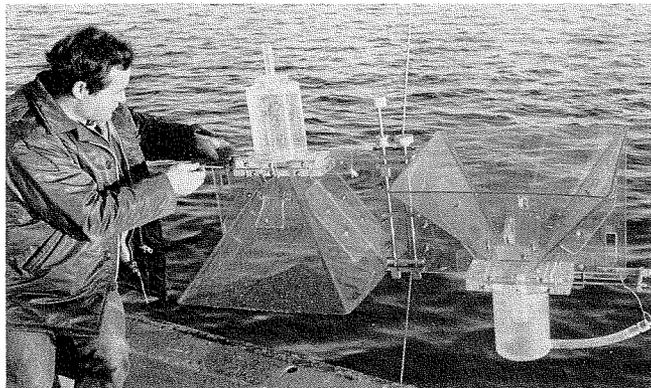
CALOWELL, Glen *JF-2*
 CAMERON, Rose *SG*

CAMPANA, Steve *DPM*
 CARMICHAEL, Fred *SHC-6*
 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*
 CHASE, Barry *RI-1*
 CHENIER, Marcel *SHC-2*
 CHIN-YEE, Mark *RI-2*
 CHRISTIAN, Harold *CGA-3*
 CLARKE, Allyn *LOA-4*
 CLARKE, Tom *RI-2*
 CLATTENBURG, Donald *CGA-3*
 CLIFF, John *Baffin*
 CLOTHIER, Rodney *Baffin*
 CLUNEY, Fred *RI-2*
 COADY, Vernon *CGA-4*
 COCHRANE, Norman *LOA-3*
 COLE, Flona *CGA-3*
 COLEMAN, Don *Hudson*



Mary Lewis

COLFORD, Brian *SG*
 COLLIER, Kathie *LOA-3*
 COLLINS, Gary *RI-3*
 COLLINS, Mike *SHC-1*
 COMEAU, Ernest *SHC-1*
 COMEAU, George *Maxwell*



Peter Vass



Michel Goguen

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

DABROS, Jean *CGA-3*
 DALE, Carla *DPM*
 DALE, Jackie *LEM*
 DALEY, Bob *Baffin*
 DALZIEL, John *LOA-1*
 DANIELS, Marilyn *RI-4*

DANEAU, Joan *RI-1*
 DEARNLEY-DAVISON, Jack *RI-2*
 DEASE, Ann *SG*
 DEASE, Gerry *RI-2*
 DeLONG, Bob *RI-2*
 DEMONT, Leaman *RI-2*
 DENMAN, Dick *RI-2*
 DENNIS, Pat *CGA-1*
 D'ENTREMONT, Paul *LOA-2*
 DEONARINE, Bhan *CGA-3*
 DESCHENES, Mary Jean *RI-3*
 DESSUREALT, 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*
 DOWD, Dick *LEM-3*
 DRINKWATER, Ken *LEM-3*
 DUFFEY, Sean *SHC-1*
 DUGAS, Theresa *CSCPCA*
 DUNBRACK, Stu *SHC-1*
 DUNPHY, Paul *LOA-4*
 DURVASULA, Rao *LEM-1*

EATON, Mike *SHC-4*
 EDMONDS, Roy *LEM*
 EDWARDS, Bob *SP*
 EDWARDS, Greg *Dawson*
 EISENER, Don *RI-2*
 ELLIOTT, Jim *LOA*
 ELLIS, Kathy *LOA-1*
 ETTER, Jim *RI-2*

FADER, Gordon *CGA-3*
 FAHIE, Ted *RI-2*
 FANNING, Paul *DPM*
 FAULKNER, Pat *SG*
 FEETHAM, Jim *SP*
 FENERTY, Norman *RI-5*
 FENN, Guy *CGA-4*
 FENSOME, Rob *CGA-2*
 FERGUSON, Carol *RI-1*
 FERGUSON, John *SHC-1*
 FINDLEY, Bill *RI-1*
 FISHER, Carmelita *CGA-3*
 FITZGERALD, Bob *CGA-3*
 FLEMING, Dave *SHC-2*
 FLYNN, Rhonda *RI-4*
 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*
 FREEMAN, Burton *DPM*
 FREEMAN, Ken *LEM-3*
 FRICKER, Aubrey *CGA-2*
 FRIIS, Mike *SG*
 FRIZZLE, Doug *SHC-2*
 FROBEL, David *CGA-3*
 FROST, Jim *LEM-1*
 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*
 GIROUARD, Paul *CGA-5*
 GLAZEBROOK, Sherman *LOA-4*
 GODSELL, Janet *DPM*

KELLY BENTHAM

KELLY BENTHAM

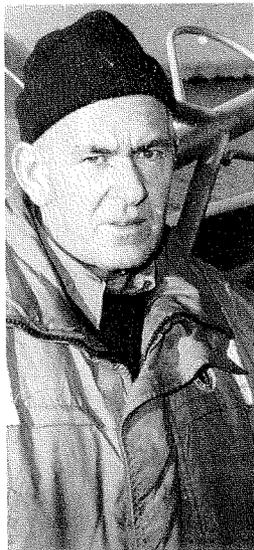
KELLY BENTHAM

GOODWIN, Winston *RI-2*
 GOODYEAR, Julian *SHC-1*
 GORDON, Don *LEM-3*
 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 *LOA-4*
 GREGORY, Doug *LOA-2*
 GREIFENEDER, Bruno *LOA-4*
 GUILDERSON, Joan *DG*

HAAŠE, Bob *SHC-1*
 HACQUEBARD, Peter *CGA-2*
 HACKETT, Dave *CGA-4*
 HACKETT, Jennifer *LOA-4*
 HALE, Ken *RI-5*
 HALLIDAY, James *RI-1*
 HALLIDAY, Ralph *DPM*
 HALVERSON, George *RI-2*
 HAMILTON, Jim *LOA-3*
 HANTZIS, Alex *SHC-2*
 HARDING, Gareth *LEM-2*
 HARDY, Iris *CGA-4*
 HARGRAVE, Barry *LEM-2*
 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*
 HEATH, Robin *Baffin*
 HEFFLER, Dave *CGA-4*
 HENDERSON, Gary *SHC-1*
 HENDERSON, Terry *CGA-1*
 HENDRY, Ross *LOA-4*
 HENDSBEE, 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*
 HOGANSON, Joan *SG*
 HOLMES, Wayne *RI-2*
 HOLT, Donna *CGA-4*
 HORNE, Ed *LEM-1*
 HORNE, Jack *RI-2*
 HOWIE, Bob *CGA-2*
 HUGHES, Mike *CGA-4*
 HURLEY, Peter *DPM*

IKEDA, Motoyoshi *LOA-4*
 IRWIN, Brian *LEM-1*

JACKSON, Art *CGA-2*
 JACKSON, Ruth *CGA-5*
 JAMAEL, Mike *Hudson*
 JAMIESON, Steve *SP*
 JANSKA, Lubomir *CGA-2*
 JARVIS, Lawrence *Hudson*
 JAY, Malcolm *SHC-2*
 JENNEX, Rita *SG*
 JODREY, Fred *CGA-4*
 JOHNSON, Sue *UROM*
 JOHNSTON, Larry *CGA-4*
 JOLLIMORE, Shirley *RI-4*
 JONES, Peter *LOA-1*
 JONES, Roger *SHC-2*
 JORDAN, Francis *LOA-2*
 JOSEPHANS, Heiner *CGA-3*



KELLY BENTHAM

Don Chandler

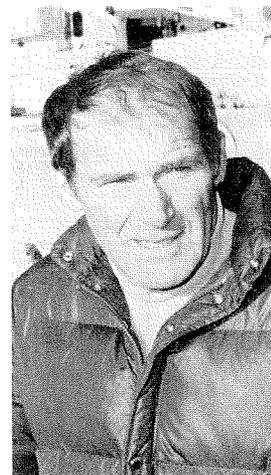
KARG, Marlene *RI-3*
 KAVANAUGH, Anita *RI-4*
 KAY, William *CGA-5*
 KEDDY, Lil *SG*
 KEEN, Charlotte *CGA-5*
 KEEN, Mike *CGA*
 KEENAN, Pat *LOA-2*
 KEIZER, Paul *LEM-2*
 KELLY, Bruce *RI-2*
 KEPKAY, Paul *LEM-2*
 KERR, Adam *SHC*
 KERR, Steve *LEM-3*
 KING, Donna *DPM*
 KING, Graeme *SHC-5*
 KING,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

KELLY BENTHAM



Joe Howlett

LAKE, Diana *SG*
 LAKE, Paul *CGA-2*
 LAMBERT, Tim *LEM-3*
 LAMPLUGH, Mike *SHC-1*
 LANDRY, Marilyn *LEM-1*
 LANGDON, Deb *CGA-4*
 LANGILLE, Neil *Navicula*
 LAPIERRE, Mike *RI-2*
 LAPIERRE, Richard *RI-1*
 LAROSE, Jim *SHC-2*
 LARSEN, Ejnar *LEM-1*
 LATREMOUILLE, Michel *RI-5*
 LAWRENCE, Don *LOA-2*
 LAZIER, John *LOA-4*
 LeBLANC, Bill *CGA-3*
 LeBLANC, Cliff *Maxwell*
 LeBLANC, Paul *RI-2*
 LEJAWA, Adam *Baffin*
 LEJEUNE, Diane *SG*
 LEJEUNE, Hans *SG*
 LEONARD, Jim *LOA-1*
 LEVAC, Carol *RI-3*
 LEVY, Eric *LOA-1*



KELLY BENTHAM

Tom Foote

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*
 LOCKHART, Judy *SHC-2*
 LODER, John *LOA-4*
 LONCAREVIC, Bosko *CGA-5*
 LONGHURST, Alan *DG*
 LORING, Douglas *LOA-1*
 LUTWICK, Graham *SHC-6*

MacDONALD, Al *LEM-1*
 MacDONALD, Barry *SG*
 MacDONALD, Gerry *RI-2*
 MacDONALD, Judy *SG*
 MacDONALD, Kirk *SHC-5*
 MacDONALD, Linda *SHC-6*
 MacDONALD, Rose *SHC-2*
 MacGOWAN, Bruce *SHC-1*
 MacGREGOR, Robert *RI-2*
 MacHATTIE, George *RI-2*
 MacHATTIE, Sheila *SP*
 MacISAAC, Mary *DPM*
 MacKAY, Bob *Hudson*
 MacKINNON, Bill *CGA-4*
 MacLAREN, Florence *SP*

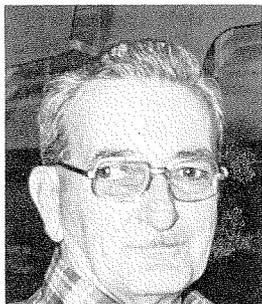
MacLAREN, Oswald *LOA-3*
 MacLAUGHLIN, John *RI-2*
 MacLEAN, Bernie *CGA-2*
 MacLEAN, Brian *CGA-3*
 MacLEAN, Carleton *Baffin*
 MacLEOD, Grant *SHC-2*
 MacMILLAN, Bill *CGA-2*
 MACE, Pamela *DPM*
 MACFARLANE, Andrew *UROM*
 MACNAB, Ron *CGA-5*
 MAHON, Robin *DPM*
 MALLETT, Andre *LEM-3*
 MALONE, Kent *SHC-1*
 MANCHESTER, Keith *CGA-4*
 MANN, Ken *LEM*
 MARTEL, Jim *SG*
 MARTIN, Bud *SG*
 MARTIN, Harold *Dawson*
 MASON, Clive *LOA-2*
 MATTHEWS, Benny *Dawson*
 MATTHEWS, Gordon *Hudson*
 MAUGER, Fred *Hudson*
 MAZERALL, Anne *RI-4*
 McALLISTER, Archie *Baffin*
 McALPINE, Don *CGA-2*
 McARTHUR, Paul *SHC-1*
 McCORRISTON, Bert *SHC-2*
 McGINN, Pete *SHC-6*
 McGLADE, Jacquie *DPM*
 McKEOWN, Dave *LOA-3*
 McKINNON, Bill *CGA*
 McKINNON, Terry *Baffin*
 McMILLAN, Jim *DPM*
 McNEIL, Beverley *SHC*
 McRUER, Jeff *LEM-3*
 MEHLMAN, Rick *SHC-1*
 MEISNER, Patsy *SHC-2*
 MELBOURNE, Ron *SHC-2*
 MERCHANT, Susan *CGA-4*
 MILLER, Bob *CGA-3*
 MILLER, Frank *SHC-2*
 MILLET, David *Baffin*
 MILLIGAN, Tim *LOA-2*
 MILNE, Mary *CGA-2*
 MITCHELL, Michel *LOA-3*
 MOEN, Jon *LOA-2*
 MOFFATT, John *LOA-1*
 MOIR, Philip *CGA-2*
 MOORE, Bill *RI-1*
 MORAN, Kate *CGA-3*
 MORGAN, Peter *CGA-3*
 MUDFORD, Bret *CGA-5*
 MUDIE, Peta *CGA-3*
 MUISE, Fred *RI-2*
 MUISE, Laura *SG*
 MURPHY, Bob *CGA-4*
 MURRAY, Ed *DIO*
 MURRAY, Judith *RI-3*
 MIRA, Valerie *DPM*
 MYERS, Steven *RI-1*

NEILSON, Judith *SP*
 NELSON, Rick *LOA-1*
 NETTLESHIP, David *UROM*
 NICHOLLS, Brian *DIO*
 NICHOLS, Brian *CGA-5*
 NICHOLSON, Dale *SHC-1*
 NICKERSON, Bruce *LOA-3*
 NICKERSON, Carol *SG*
 NICOLL, Michael *RI-1*
 NIELSEN, Jes *CGA-4*
 NOADE, Gerry *RI-2*
 NORTON, Neil *Baffin*
 NOSEWORTHY, Karen *SG*

Oakey, Neil *LOA-4*
 O'BOYLE, Bob *DPM*
 O'NEILL, John *LOA-4*
 O'REILLY, Charles *SHC-6*

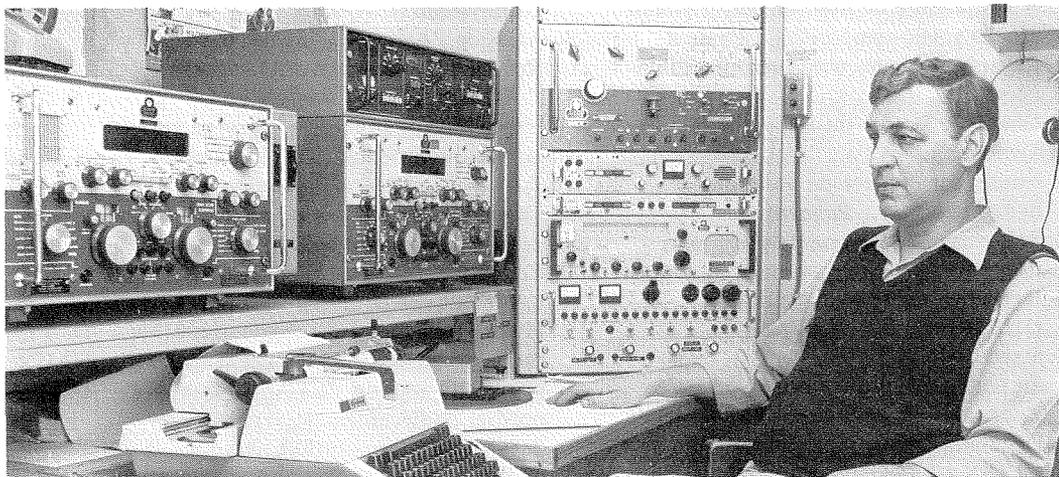
O'ROURKE, Mike *RI-2*
 ORR, Ann *LEM-3*
 PALMER, Nick *SHC-2*
 PALMER, Richard *SHC-1*
 PARANJAPPE, Madhu *LEM-1*
 PARNEL, Cheryl *CGA-1*
 PARROTT, Russell *CGA-3*
 PARSONS, Art *RI-2*
 PARSONS, John *RI-2*
 PATON, Jim *SG*
 PAYZANT, Linda *LOA-2*
 PEER, Don *LEM-2*
 PENNELL, Charles *Hudson*
 PERRIE, William *LOA-2*
 PERROTTE, Roland *SHC-2*
 PERRY, Steve *CGA-5*
 PETERSON, Ingrid *LOA-4*
 PETRIE, Brian *LOA-2*
 PETRIE, Liam *LEM-3*
 PHILLIPS, Georgina *LEM-2*
 PHILLIPS, Ted *LOA-3*
 PIETRZAK, Robert *SHC-5*
 PINSENT, Bruce *LOA-2*
 PIPER, David *CGA-3*
 PLATT, Trevor *LEM-1*
 POCKLINGTON, Roger *LAO-1*
 POLSON, Carl *RI-2*
 PORTEOUS, Dave *RI-3*
 POTTIE, Dennis *LOA-1*
 POTTIE, Ed *SG*
 POZDNEKOFF, Peter *LOA-4*
 PRIME, Wayne *CGA-5*
 PRINSENBURG, Simon *LOA-2*
 PRITCHARD, John *LOA-2*
 PROCTOR, Wally *LOA-3*
 PROUSE, Nick *LEM-2*
 PURDY, Phil *SG*
 QUON, Charlie *LOA-4*
 RACINE, Carol *CGA-1*
 RAFUSE, Phil *Baffin*
 RAIT, Sue *SG*
 RANTALA, Reijo *LOA-1*
 RASHID, Mohammed *CGA-3*
 REID, Ian *CGA-5*
 REID, Jim *DPM*
 REIMER, Dwight *LEM-3*
 REINHARD, Harry *SG*
 REINIGER, Bob *LOA-4*
 RICHARD, Wayne *RI-3*
 RIPPEY, Jim *Hudson*
 RITCEY, Jack *Baffin*
 ROBERTSON, Kevin *CGA-3*
 ROCKWELL, Gary *SHC-1*
 RODGER, Glen *SHC-1*
 ROOP, David *SHC-1*
 ROSE, Charlie *RI-2*
 ROSS, Charles *LOA-4*
 ROSS, David *CGA-1*
 ROSS, Jim *SHC-2*
 ROSSE, Ray *SG*
 ROZON, Chris *SHC-1*
 RUDDERHAM, Dave *LEM-1*
 RUMLEY, Betty *LOA-2*
 RUSHTON, Laurie *LEM-1*
 RUSHTON, Terry *RI-2*
 RUXTON, Michael *SHC-1*
 RYAN, Anne *SHC-1*
 SABOWITZ, Norman *RI-4*
 SADI, Jorge *Dawson*
 SAMEOTO, Doug *LEM-1*
 SANDSTROM, Hal *LOA-4*
 SAUNDERS, Jo-Anne *RI-4*
 SCHAFFER, Charles *CGA-3*
 SCHIPILOW, Cathy *SHC-2*
 SCHWARTZ, Bernie *RI-2*
 SCHWINGHAMER, Peter *LEM-2*
 SCOTNEY, Murray *LOA-2*

SCOTT, Ray *RI-1*
 SEIBERT, Gerald *DIO*
 SELIG, Byron *Hudson*
 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 *SHC-2*
 SMITH, Burt *SHC-1*
 SMITH, Bill *DPM*
 SMITH, Don *Dawson*
 SMITH, Fred *RI-1*
 SMITH, John *LOA-1*
 SMITH, John *LEM-1*
 SMITH, Marion *LOA-2*
 SMITH, Michelle *UROM*
 SMITH, Peter *LOA-2*
 SMITH, Steve *DPM*
 SMITH, Stu *LOA-4*
 SMITH, Sylvia *LEM*

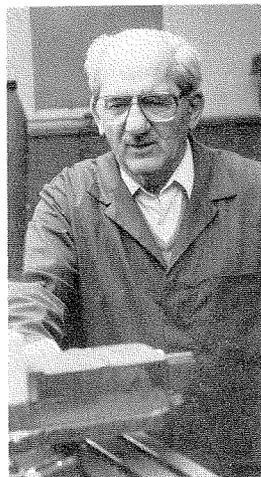


Bill Findley

SONNIGHSEN, Gary *CGA-3*
 SPARKES, Roy *CGA-3*
 SPENCER, Florence *CGA-4*
 SPENCER, Sid *RI-2*
 SRIVASTAVA, Shiri *CGA-5*
 STACEY, Russ *SG*
 STEAD, Gordon *SHC-2*
 STEELE, Trudi *LOA-4*
 STEEVES, George *RI-2*
 STEPANCZAK, Mike *LOA-3*



Phil Rafuse



Gerry Connolly

STILO, Carlos *Baffin*
 STIRLING, Charles *SHC-1*
 STOBO, Nancy *DPM*
 STOBO, Wayne *DPM*
 STOCKMAL, Glen *CGA-5*
 STODDART, Stan *Hudson*
 STOLL, Hartmut *RI-2*
 STRAIN, Peter *LOA-1*
 STRUM, Loran *Hudson*
 STUART, Al *RI-2*
 STUIFBERGEN, Nick *SHC-4*
 SUTHERLAND, Betty *RI-4*
 SWIM, Minard *SHC-1*
 SYMES, Jane *SP*
 SYMONDS, Graham *LOA-4*
 SYVITSKI, James *CGA-3*
 TAN, Francis *LOA-1*
 TANG, Charles *LOA-2*
 TAYLOR, Bob *CGA-3*
 TAYLOR, George *LEM-3*
 TEE, Kim-Tai *LOA-4*
 TEMPLEMAN-KLUIT, Dirk *CGA*
 THOMAS, Frank *CGA-2*
 TILLMAN, Betty *SP*
 TINSLEY, Beth *CGA-1*
 TOLLIVER, Deloros *CGA-1*
 TOMS, Elaine *RI-4*
 TOPLISS, Brenda *LOA-2*
 TOTTEN, Gary *RI-1*
 TOULANY, Bechara *LOA-2*
 TRITES, Ron *LEM-3*

VANDERMEULEN, John *LEM-2*
 VARBEFF, Boris *RI-2*
 VARMA, Herman *SHC-1*
 VASS, Peter *LEM-2*
 VAUGHAN, Betty *RI-2*
 VANTOUR, Jean-Claude *SHC-1*
 VERGE, Ed *LOA-2*
 VETESE, Barb *CGA-1*
 VEZINA, Guy *RI-2*
 VILKS, Gus *CGA-3*
 VINE, Dick *RI-2*
 VIOLETTE-HARVEY, Claire *RI-2*

WADE, John *CGA-2*
 WALDRON, Don *DPM*
 WALKER, Bob *LOA-2*
 WALSH, Carl *RI-1*
 WARD, Brian *RI-2*
 WARDROPE, Dick *RI-2*
 WARNELL, Margaret *RI-3*
 WATSON, Nelson *LEM-1*
 WEBBER, Shirley *SG*
 WELLS, Richard *CSCPCA*
 WENTZELL, Cathy *SG*
 WESTHAVER, Don *RI-2*
 WESTON, Sandra *SHC-2*
 WHITE, George *DPM*
 WHITE, Joe *SG*
 WHITE, Keith *SHC-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 *Hudson*
 WILSON, Jim *RI-2*
 WINTER, Danny *RI-2*
 WINTERS, Gary *CGA-3*
 WOOD, Rick *Baffin*
 WOODSIDE, John *CGA-5*
 WRIGHT, Dan *LOA-4*
 WRIGHT, Morley *RI-2*

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

ZEMLYAK, Frank *LOA-1*
 ZINCK, Maurice *LEM-2*
 ZWANENBURG, Kees *DPM*

KELLY BENTHAM

KELLY BENTHAM

KELLY BENTHAM

Liste des travaux de recherche

Voici la liste des grands domaines de recherche (A, B, C, etc.) et des sujets (1, 2, 3, etc.) des études 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'Atlan-

tique et le Service hydrographique du Canada (région de l'Atlantique). Pour tout renseignement sur ces travaux et sur ceux des autres services de l'Institut, veuillez écrire au Service des publications, Institut océanographique de Bedford, C.P. 1006, Dartmouth (Nouvelle-Écosse), B2Y 4A2.

13. Études de l'emmagasinement de la chaleur dans l'Atlantique nord par bathythermographes à sonde perdue, sur navire océanographique occasionnel (*F.W. Dobson*)
14. Expérience sur le prolongement du Gulf Stream (*R.M. Hendry*)

LABORATOIRE OCÉANOGRAPHIQUE DE L'ATLANTIQUE

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

1. Échange d'humidité au-dessus de la mer (programme HEXOS) (*S.D. Smith, R.J. Anderson*)
2. Développement de la houle du vent en pleine mer (*F.W. Dobson*)
3. Études sur le régime des vagues (*W. Perrie, B. Toulany*)
4. Analyse du cheminement du pétrole (*D.J. Lawrence, J.A. Elliott*)
5. Modélisation de la dérive des icebergs (*S.D. Smith*)
6. Études sur les microstructures dans l'océan (*N.S. Oakey*)
7. Mesures de la vitesse près de la surface (*N.S. Oakey*)
8. Études sur les flux air-mer de chaleur et de quantité de mouvement, à grande échelle spatio-temporelle, à l'aide de formules globales nouvellement étalonnées (*F.W. Dobson, S.D. Smith*)
9. Glaces de la côte du Labrador (*G. Symonds*)
10. Études sur la glace du golfe du St-Laurent (*G.L. Bugden*)
11. Expérience de la zone de glace marginale (MIZEX) : tension du vent et flux thermique dans la marge de glace (*S.D. Smith, R.J. Anderson*)
12. Structure à petite échelle d'un anneau du Gulf Stream à noyau chaud (*C.L. Tang, A.S. Bennett, D.J. Lawrence*)
13. Dynamique de la glace de mer — MIZEX (*G. Symonds*)
14. Dynamique de la mer du vent (*W. Perrie, B. Toulany*)

15. Mesures des courants près de la surface de l'océan (*P.C. Smith, D.J. Lawrence, J.A. Elliott, D.L. McKeown*)

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 (France)*)
2. Modélisation de la mer du Labrador (*C. Quon*)
3. Variabilité du courant du Labrador (*R.A. Clarke*)
4. Détermination de l'âge de l'eau de fond dans la baie de Baffin (*E.P. Jones*)
5. Mesures de la variabilité du Gulf Stream à l'aide d'instruments mouillés : statistiques et cartographie (*R.M. Hendry*)
6. Expérience du bassin de Terre-Neuve (*R.A. Clarke, R.M. Hendry*)
7. Problèmes de dynamique des fluides en géophysique (*C. Quon*)
8. Atlas de l'Atlantique nord-ouest (*R.F. Reiniger, D. Gregory, R.A. Clarke, R.M. Hendry*)
9. Expérience de la mer de Norvège et de la mer du Groenland (*R.A. Clarke, J.A. Swift (Scripps Institution of Oceanography), J. Reid (Scripps Institution of Oceanography), N.S. Oakey, E.P. Jones, R. Weiss (Scripps Institution of Oceanography)*)
10. Hydrographie de base : Atlantique nord par 48°N (*R.M. Hendry*)
11. Études du courant de l'Atlantique nord et de l'écoulement vers le large des eaux du courant du Labrador (*J.R.N. Lazier, D. Wright*)
12. Études géochimiques à l'aide de traceurs (*G.T. Needler, D. Wright*)

C. DYNAMIQUE DU PLATEAU CONTINENTAL ET DES CHENAUX

1. Circulation au sud-ouest de la Nouvelle-Écosse : expérience du cap de Sable (*P.C. Smith, D. Lefavre (SLO, Québec), K.T. Tee, R.W. Trites*)
2. Expérience du rebord du plateau : dynamique des basses fréquences et brassage sur le rebord du plateau Scotian (*P.C. Smith, B.D. Petrie*)
3. Écoulement dans le détroit de Belle Isle (*B.D. Petrie, C.J.R. Garrett (Université Dalhousie), B. Toulany, D. Greenberg*)
4. Dynamique de la plate-forme continentale — Expérience du chenal d'Avalon (*B.D. Petrie, C. Anderson*)
5. Poussées de courant et brassage sur le plateau continental, dus à des ondes internes de forte amplitude (*H. Sandstrom, J.A. Elliott*)
6. Étude des ondes internes à l'aide du Batfish (*A.S. Bennett*)
7. Étude théorique de la circulation et du brassage sur le banc Georges : dynamique de la rectification des marées au-dessus de la topographie sous-marine (*J.W. Loder, D. Wright*)
8. Modèles numériques de la circulation résiduelle et du brassage dans le golfe du Maine (*D.A. Greenberg, J.W. Loder, P.C. Smith, D. Wright*)
9. Études théoriques sur la circulation et le brassage sur le banc Georges (*J.W. Loder, D. Wright*)
10. Circulation et dispersion sur le banc Browns : l'océanographie physique dans le programme d'écologie (*P.C. Smith*)

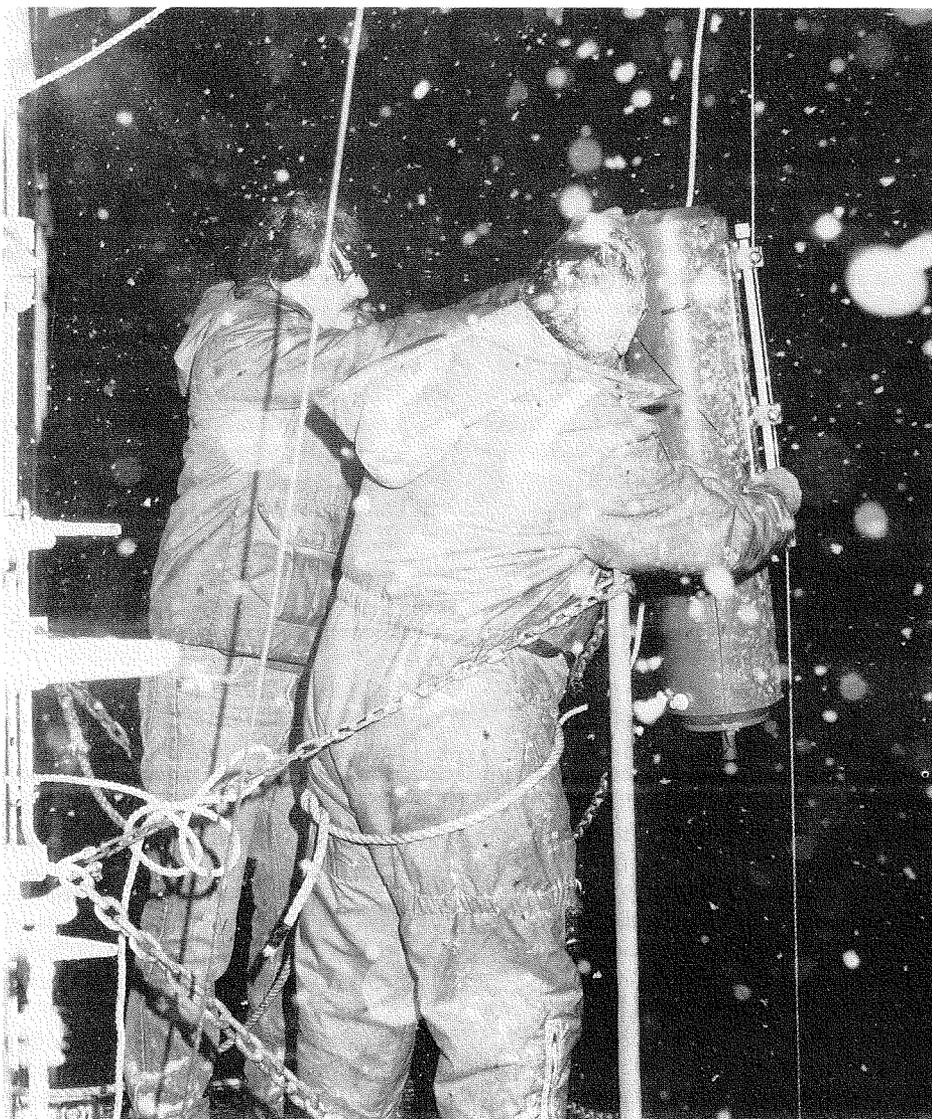
D. PLATEAU CONTINENTAL ET CHENAUX : ÉTUDES SUR LES MASSES D'EAU ET LE TRANSPORT

1. Analyse des données d'océanographie physique recueillies sur le courant du Labrador (*J.R.N. Lazier*)
2. Expérience du Bonnet Flamand (*C.K. Ross*)

3. Surveillance à long terme du courant du Labrador au banc Hamilton (*J.R.N. Lazier*)
4. Surveillance à long terme de la température (*D. Dobson, B.D. Petrie*)
5. Gestion et archivage des données (*D.N. Gregory*)
6. Mise au point d'installations de télé-détection au Laboratoire océanographique de l'Atlantique (*C.S. Mason, B. Topliss, L. Payzant*)
7. Océanographie du plateau continental de Terre-Neuve (*B.D. Petrie, J. Moen*)
8. Océanographie physique de l'Arctique oriental (*C.K. Ross*)
9. Transport de l'eau par et dans le passage du Nord-Ouest (*S.J. Prinsenberg, B. Bennett*)
10. Programme des Grands Bancs — bilan de la chaleur et de la salinité (*J.W. Loder, K.F. Drinkwater, B.D. Petrie*)

E. OCÉANOGRAPHIE DES ESTUAIRES ET DES BAIES

1. Étude du fjord du Saguenay (*G.H. Seibert*)
2. Étude des fronts dans le golfe du Saint-Laurent (*C. Tang, A.S. Bennett*)
3. Variabilité saisonnière et interannuelle dans le golfe du Saint-Laurent (*G.L. Bugden*)
4. Mesures des courants dans le chenal Laurentien (*G.L. Bugden*)
5. Le golfe du Saint-Laurent — Études de modélisation numérique (*K.T. Tee*)
6. Courants de marée et courants résiduels — Modélisation en trois dimensions (*K.T. Tee, D. Lefavre*)
7. Énergie marémotrice de la baie de Fundy — Études d'océanographie physique (*D.A. Greenberg*)
8. Dynamique des particules (*K. Kranck*)
9. Bouées dérivantes de fond et de surface (*D. Gregory, F. Jordan, L. Petrie*)
10. Modélisation des sédiments en suspension (*D.A. Greenberg, C.L. Amos*)
11. Processus hivernaux dans le golfe du Saint-Laurent (*G.L. Bugden*)
12. Modélisation des marées historiques (*D.A. Greenberg, D. Scott (Université Dalhousie), D. Grant (CGC, Ottawa)*)
13. Ondes de tempête (*D.A. Greenberg, T.S. Murty (SLO, Pacifique)*)
14. Circulation et flux air/mer dans la baie d'Hudson et la baie James (*S.J. Prinsenberg*)
15. Programme d'observation dans le bassin Foxe : courant de marée, circulation moyenne, formation et transport des masses d'eau (*S.J. Prinsenberg*)
16. Courant résiduel induit par la marée — Étude de l'interaction courant moyen/courant de marée (*Y. Tang, K.T. Tee*)



Prélèvement d'échantillons d'eau, une nuit d'hiver, sur la plate-forme du nsc Hudson

F. MISE AU POINT DES CAPTEURS

1. Anémomètre pour bouées dérivantes (*J.-G. Dessureault, D. Harvey*)
2. Profileurs CTP et capteurs connexes (*A.S. Bennett*)
3. Chaînes de thermistors sur les bouées dérivantes (*G.A. Fowler, J.A. Elliott*)
4. Capteurs biologiques toués (*A.W. Herman, M.R. Mitchell, S.W. Young, E.F. Phillips, D. Knox*)
5. Dynamique de la production primaire et secondaire sur le plateau Scotian (*A.W. Herman, D.D. Sameoto, T. Platt*)
6. Capteurs biologiques à profilage vertical (*A.W. Herman, M.R. Mitchell, S.W. Young, E.F. Phillips*)
7. Dynamique du broutage par le zooplancton et de la production phytoplanctonique (*A.W. Herman, A.R. Longhurst, D.D. Sameoto, T. Platt*)
8. Acquisition de données en temps réel (*A.S. Bennett*)
9. Mesures des constantes temporelles

d'une sonde CTP (*A.S. Bennett*)

10. Capteurs biologiques amarrés (*A.W. Herman, M.R. Mitchell, S.W. Young, E.F. Phillips*)
11. Estimations de la productivité primaire à l'aide des données obtenues par satellite (*B.J. Topliss, T.C. Platt*)
12. Propriétés optiques des eaux canadiennes (*B.J. Topliss*)

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

1. Systèmes de positionnement acoustique par rapport au fond (*D.L. McKeown*)
2. Systèmes de positionnement acoustique en fonction de la position du navire (*D.L. McKeown*)
3. Balayage acoustique multifréquence de la colonne d'eau (*N.A. Cochrane*)
4. Profileur de courant Doppler (*N.A. Cochrane*)

H. MISE AU POINT DES INSTRUMENTS OCÉANOGRAPHIQUES

1. Mise au point de systèmes d'amarrage (G.A. Fowler, A.J. Hartling, R.F. Reiniger, J. Hamilton)
2. Manutention et utilisation des dispositifs instruments/câbles (J.-G. Dessureault, R.F. Reiniger, D.R. Harvey)
3. Échantillonnage sur place des particules en suspension (D.L. McKeown, B. Beanlands, P.A. Yeats)

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, R. Nelson, D. Nelson)
4. Transport du carbone organique dans les grands cours d'eau du monde : le fleuve Saint-Laurent, Canada (R. Pocklington, F.C. Tan)
5. Facteurs physico-chimiques agissant sur les métaux lourds particuliers dans un estuaire à marée à forte turbidité (D.H. Loring)
6. Puits de carbone organique dans les sédiments de la plate-forme continentale et du talus (R. Pocklington, E. Premuzic)
7. Fjords de l'Arctique et de la côte ouest (J.N. Smith, K. Ellis, C.T. Schafer, J.P.M. Syvitski)
8. Voies chimiques de la dégradation du pétrole dans l'environnement (P.M. Strain, E.M. Levy)
9. Variabilité climatique inscrite dans les sédiments marins (J.N. Smith, K. Ellis, C.T. Schafer)
10. Géochimie des isotopes dans les principaux estuaires du monde (J.M. Edmond (Massachusetts Institute of Technology), F.C. Tan)
11. Examen des données d'océanographie chimique dans le golfe du Saint-Laurent (J.M. Bowers, C. Cospér, E.M. Levy, D.H. Loring, R. Pocklington, J.N. Smith, F.C. Tan, P.A. Yeats)
12. Études radioécologiques du plutonium dans un milieu marin arctique (J.N. Smith, K.M. Ellis, A. Aarkrog)

J. GÉOCHIMIE DES EAUX PROFONDES

1. Processus de régénération des substances nutritives dans la baie de 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. Les constituants naturels de la matière organique marine (R. Pocklington, J.D. Leonard)
6. Études paléoclimatiques de carottes de sédiments du lac Melville (F.C. Tan, G. Vilks)
7. Comparaison de la distribution verticale des métaux à l'état de traces dans l'Atlantique nord et le Pacifique nord (P.A. Yeats)
8. Mesures des radionucléides dans l'Arctique (J.N. Smith, K. Ellis, E.P. Jones)
9. Études des isotopes dans le carbone organique particulaire et dissous, en eau profonde et dans les zones côtières (F.C. Tan, P.M. Strain)

K. CHIMIE DE LA POLLUTION MARINE

1. Hydrocarbures du pétrole (E.M. Levy)
2. Programme de surveillance de l'environnement à Pointe Lepreau (J.N. Smith, K. Ellis, R. Nelson, J. Abriel)
3. Normes canadiennes d'analyse chimique dans le milieu marin (J.M. Bowers, P.A. Yeats, J.A. Dalziel)
4. Activités internationales (J.M. Bowers, E.M. Levy, D.H. Loring, J.N. Smith)
5. Expériences Caisson, collaboration Canada/RFA (D.H. Loring, R. Rantala, F. Prosi)
6. Situations d'urgence en mer (E.M. Levy)
7. Pollution par les métaux lourds dans un fjord du Groenland (D.H. Loring)
8. Interétalonnage des résidus de pétrole dans la colonne d'eau et la microcouche superficielle (E.M. Levy)
9. CIEM — interétalonnage pour l'analyse des métaux à l'état de traces dans les sédiments (D.H. Loring)
10. Résidus de pétrole dans l'est de l'Arctique canadien (E.M. Levy)

LABORATOIRE D'ÉCOLOGIE MARINE

A. PROCESSUS DE LA PRODUCTION PRIMAIRE

1. Propriétés bio-tropiques des eaux pélagiques (T. Platt)
2. Physiologie et biochimie de la photosynthèse, de la respiration et de la croissance du phytoplancton marin (J.C. Smith, T. Platt)
3. Respiration, absorption des substances nutritives et régénération dans les populations planctoniques naturelles (W.G. Harrison, J.C. Smith, T. Platt)

4. Océanographie physique de certaines entités, dans le cadre d'études d'écologie marine (E.P.W. Horne)
5. Physiologie des micro-organismes marins (W.K.W. Li)
6. Place du picoplancton dans l'écosystème marin (D.V. Subba Rao)
7. Océanographie biologique des Grands Bancs (E.R.W. Horne et al.)

B. PROCESSUS DE LA PRODUCTION SECONDAIRE

1. Utilisation du carbone et de l'azote par le zooplancton et facteurs régissant la production secondaire (R.J. Conover)
2. Écologie du microzooplancton dans le bassin Bedford, Nouvelle-Écosse (M.A. Paranjape)
3. Mise au point d'instruments profileurs (BIONESS et LHPR) pour le plancton et le microplancton (D.D. Sameoto)
4. Production secondaire et distribution dynamique du micronecton et du zooplancton sur le plateau Scotian (D.D. Sameoto, A.W. Herman, N. Cochrane)
5. Nature et signification de la variabilité verticale dans les profils de zooplancton (A.R. Longhurst)
6. Nutrition et biochimie du zooplancton marin (E.J.H. Head)
7. Programme BIostat : zooplancton et micronecton (D.D. Sameoto)
8. Études d'alimentation sur du zooplancton élevé dans un milieu stable à base d'algues (E.J.H. Head, R.J. Conover)

C. ÉCOLOGIE DU PLATEAU CONTINENTAL DE L'ATLANTIQUE

1. Ressources du plateau Scotian et programme d'étude de l'ichtyoplancton : collecte de données sur de grandes échelles spatiales et temporelles (R.J. Conover)
2. Cycles saisonniers de l'abondance et de la distribution du microzooplancton sur le plateau Scotian (M.A. Paranjape)
3. Comparaison des méthodes de calcul de la production secondaire à partir de données sur la population zooplanctonique (R.J. Conover)
4. Études comparatives de la structure fonctionnelle des écosystèmes pélagiques (A.R. Longhurst)

D. ÉTUDES ÉCOLOGIQUES DANS L'ARCTIQUE ORIENTAL

1. Études à terre de la distribution du zooplancton sous la glace, de sa reproduction et de sa croissance, et de l'importance relative de la production primaire épontique et pélagique dans sa propagation (R.J. Conover)
2. Études embarquées menées en été dans l'est de l'Arctique canadien (E.J.H. Head)

3. Dynamique trophique du zooplancton et du micronecton dans l'Arctique oriental (*D.D. Sameoto*)
 4. Distribution et abondance du microzooplancton dans l'Arctique (*M.A. Paranajpe*)
 5. Aspects écophysiologiques des processus microbiens en mer (*W.K.W. Li*)
 6. Études sur le terrain et en laboratoire de la diapause chez les copépodes (*N.H.F. Watson*)
- E. ÉCOLOGIE DE LA PRODUCTION HALIEUTIQUE**
1. Analyse acoustique des populations de poisson et mise au point de méthodes de relevés (*L.M. Dickie et al.*)
 2. Génétique et paramètres de production.
 - I. Données tirées d'expériences de reproduction et d'analyses électrophorétiques (*L.M. Dickie, A. Mallet*)
 - II. Variations du génotype selon le milieu marin et la classe annuelle (*L.M. Dickie, A. Mallet*)
 4. Métabolisme et croissance des poissons (*S.R. Kerr, K. Waiwood*)
 5. Analyse mathématique des systèmes de production de poisson (*W. Silvert*)
 6. Spectre de la structure par taille de la production de poisson (*S.R. Kerr et al.*)
 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 des populations de poisson (*S.R. Kerr, L.M. Dickie*)
 11. Interaction des mammifères marins et de la pêche (*P.F. Brodie*)
 12. Modèles de l'écosystème des Grands Bancs (*W. Silvert et al.*)
- F. EFFETS DE LA VARIABILITÉ ENVIRONNEMENTALE**
1. Configuration des courants résiduels sur le plateau continental de l'Atlantique canadien, établie au moyen de bouteilles dérivantes et de dériveurs de fond (*R.W. Trites*)
 2. Analyse 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. Rowell, E. Dawe*)
 5. Dispersion du pétrole en fonction des vents et des courants après le naufrage du KURDISTAN (*D.J. Lawrence, R.W. Trites, J.H. Vandermeulen*)
 6. Variabilité environnementale — Corrélations et échelles de réaction (*R.W. Trites*)
 7. Variabilité climatique dans les zones de l'OPANO (*R.W. Trites, K.F. Drinkwater*)
 8. Fjords de la terre de 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. Déclin des stocks de homard sur les côtes de la Nouvelle-Écosse (*G.C.H. Harding et al.*)
 3. Nutrition et croissance du microplancton, du macroplancton et de l'ichtyoplancton (*R.W. Sheldon*)
 4. Déplacement vertical du plancton, des matières en suspension et des nutriments dissous dans la colonne d'eau des baies de la côte (*G.C.H. Harding et al.*)
 5. Caractérisation des masses d'eau à l'aide des spectres des particules pour prédire la survie des larves de poisson (*R.W. Sheldon*)
 6. Circulation de Langmuir et distribution à petite échelle du plancton (*T. Lambert et al.*)
 7. Dynamique de la production primaire (*K.F. Drinkwater*)
 8. Couplage des systèmes de production pélagique et benthique (*P. Schwinghamer, R.W. Sheldon, S.R. Kerr*)
 9. Mise au point d'instruments pour l'étude de la distribution par taille des particules (*R.W. Trites*)
 10. Relations trophiques dans les communautés à varech du littoral (*K.H. Mann*)
 11. Brassage et caractéristiques de la température et de la salinité de l'eau dans la partie sud-est des hauts-fonds des îles de la Madeleine (*K.F. Drinkwater*)
 12. Stratégies de reproduction des poissons (*T. Lambert*)
 13. Recrutement des larves de homards le long du sud-ouest de la Nouvelle-Écosse, dans la baie de Fundy et le golfe du Maine (*G.C.H. Harding et al.*)
 14. Mesures à petite échelle du taux de survie des larves (*K.T. Frank*)
 15. Stratégies de dispersion des larves de poissons marins (*K.T. Frank*)
 16. Cohérence spatiale à grande échelle du succès de reproduction chez des stocks discrets de capelan (*K.T. Frank, W. Leggett, J. Carscadden*)
 17. Écologie des pêcheries du sud-ouest de la Nouvelle-Écosse — processus de production benthique (*P. Schwinghamer, D.L. Peer, J. Grant*)
- H. EFFETS SUBLÉTAUX DE LA POLLUTION**
1. Induction des oxydases à fonction mixte par les PBC et leurs substituts (*R.F. Addison*)
 2. Les organochlorés chez les phoques (*R.F. Addison*)
 3. Devenir, métabolisme et effets des hydrocarbures dans le milieu marin (*J.H. Vandermeulen*)
 4. Dynamique des organochlorés dans l'écosystème pélagique (*G.C.H. Harding, R.F. Addison*)
 5. Transfert des métalloïdes dans la chaîne trophique marine (*J.H. Vandermeulen*)
 6. Évaluation des dangers des « nouveaux » polluants de l'environnement (*R.F. Addison*)
 7. « Étalonnage » du système des OFM chez la plie rouge, considéré comme indicateur (*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*)
 2. Production primaire dans la baie de Fundy (*D.C. Gordon, P.D. Keizer, N. Prouse*)
 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 et al.*)
 4. Production primaire et respiration dans la zone intertidale, et accessibilité de la matière organique des sédiments (*B.T. Hargrave, P. Schwinghamer, C. Hawkins*)
 5. Écologie microbienne de la baie de Fundy (*L. Cammen, P. Schwinghamer*)
 6. Écologie benthique de la zone infratidale 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 al.*)
 8. Études sur le zooplancton du bassin Cumberland (*N. Prouse*)
 9. Production, exportation et importance écologique des marais salés de la baie de Fundy (*D.C. Gordon et al.*)
 10. Modélisation des écosystèmes de la baie de Fundy (*D.C. Gordon et al.*)
- J. ÉCOLOGIE DES PROFONDEURS OCÉANIQUES**
1. Étude des communautés benthiques des grands fonds (*P. Schwinghamer*)
 2. Mobilité des métaux à l'état de traces et des radionucléides dans les sédiments (*P.E. Kepkay*)

3. Rôle des amphipodes nécrophages dans le transfert des matériaux en eau profonde (*B.T. Hargrave*)
4. Flux verticaux sous la calotte glaciaire arctique (*B.T. Hargrave, D.C. Gordon, G.C.H. Harding*)
5. Métabolisme microbien aux interfaces (*P.E. Kerpay*)

CENTRE GÉOSCIENTIFIQUE DE L'ATLANTIQUE

A. PROGRAMME CÔTIER

1. Conseils relatifs aux problèmes d'ordre environnemental dans la zone côtière (*R.B. Taylor*)
2. Morphologie, sédimentologie et dynamique de la côte de Terre-Neuve (*D.L. Forbes*)
3. Environnements et processus côtiers dans les îles de l'Arctique canadien (*R.B. Taylor*)
4. Dynamique et processus de dépôt des sédiments dans la zone côtière (*D.L. Forbes*)
5. Côte de la mer de Beaufort (*P.R. Hill*)
6. Processus du pergélisol sur les plages de l'Arctique (*R.B. Taylor*)

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. Dynamique des sédiments — fond de la baie de Fundy (*C.L. Amos*)
4. Données paléoclimatiques et paléocéologiques récentes inscrites dans les sédiments des fjords (*C.T. Schafer*)
5. Étalonnage par mesures satellitaires des concentrations de sédiments en suspension dans les milieux côtiers (*C.L. Amos*)

C. SUD-EST DE LA MARGE CANADIENNE

1. Géologie de la roche en place et des dépôts meubles, Grands Bancs et plateau Scotian (*G.B. Fader*)
2. Affouillement par les glaces des plates-formes continentales (*C.F.M. Lewis*)
3. Stabilité et transport des sédiments sur les plates-formes continentales (*C.L. Amos*)
4. Processus géologiques du Quaternaire sur les talus continentaux (*D.J.W. Piper*)
5. Modèles du faciès des turbidités modernes (*D.J.W. Piper*)
6. Géologie technique du plateau de l'Atlantique (*C.F.M. Lewis*)
7. Étude géotechnique des plateaux et des

talus continentaux de l'Est et de l'Arctique canadiens (*K. Moran*)

D. EST DE L'ARCTIQUE ET DU SUBARCTIQUE

1. Programme de cartographie géologique de la roche en place et des dépôts meubles dans l'est de la terre de Baffin (*B.C. MacLean*)
2. Géologie superficielle, géomorphologie et glaciologie de la mer du Labrador (*H.W. Josenhans*)
3. Méthodes d'étude du Quaternaire en paléontologie marine (*G. Vilks*)
4. Géologie de la zone proche de la surface dans les chenaux des îles de l'Arctique (*B.C. MacLean*)
5. Paléo-écologie quantitative du Quaternaire dans l'est du Canada (*P.J. Mudie*)
6. Variation temporelle et spatiale des courants des grands fonds dans l'ouest de la mer du Labrador (*C.T. Schafer*)
7. Échantillonnage des îles de glace et étude des sédiments (ISIS) (*P.J. Mudie*)

E. ARCTIQUE DE L'OUEST

1. Géologie superficielle et géomorphologie de la mer de Beaufort (*S.M. Blasco*)
2. Étude concernant le conflit frontalier dans la mer de Beaufort (*P.R. Hill*)

F. GÉOCHIMIE

1. Géologie environnementale des eaux profondes (*D.E. Buckley*)

G. 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. Mesures de sismique réfraction et autres mesures géophysiques dans l'océan Arctique (*H.R. Jackson*)
5. Exploitation des bases de données sur les champs potentiels (*J.M. Woodside*)
6. Sismique réfraction le long de la marge polaire canadienne (*H.R. Jackson*)
7. Applications de l'altimétrie satellitaire à la gravimétrie marine (*J.M. Woodside*)
8. Géophysique régionale des terrains du Mésozoïque et du Cénozoïque dans la baie de Baffin et sur la marge du Labrador

H. ÉTUDES STRUCTURALES DANS LES 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 crustale de la dorsale Alpha, dans l'océan Arctique (*H.R. Jackson*)
4. Études sismiques des marges de l'est du Canada (*I. Reid*)
5. Programme de forage dans l'océan, levé des sites dans la mer du Labrador (*S.P. Srivastava*)

I. MODÉLISATION THÉORIQUE

1. Processus d'accrétion et développement des marges continentales passives (*C.E. Keen*)

J. ANALYSE DES BASSINS ET GÉOLOGIE DU PÉTROLE

1. Géologie subsuperficielle régionale des roches mésozoïques et cénozoïques de la marge continentale de l'Atlantique (*J.A. Wade*)
2. Interprétation géologique des données géophysiques pour la synthèse de bassin et l'inventaire des hydrocarbures (*A.C. Grant*)
3. Compilation des données géoscientifiques recueillies dans les bassins du Paléozoïque supérieur du sud-est du Canada (*R.D. Howie*)
4. Stratigraphie et sédimentologie des roches mésozoïques et tertiaires de la marge continentale de l'Atlantique (*L.F. Jansa*)
5. Reconnaissance sur le terrain d'affleurements de séries mésozoïques dans la péninsule ibérique (*L.F. Jansa*)
6. Évolution des bassins paléozoïques de la côte est (*J.S. Bell*)
7. Évolution des bassins sédimentaires de la marge continentale de Terre-Neuve, du Labrador et de la baie de Baffin (*D. McAlpine*)
8. Géologie de la marge orientale du Canada et d'autres parties des eaux canadiennes (*G.L. Williams*)

K. ÉVALUATION DES RESSOURCES

1. Inventaire des hydrocarbures des bassins sédimentaires de l'Est canadien (*J.S. Bell*)
2. Études de rang et études pétrographique du charbon et de la matière organique dispersés dans les sédiments (*P.A. Hacquebard*)
3. Études de maturation (*J.S. Bell*)
4. Interprétation des données géophysique recueillies sur la marge du plateau Scotian et dans les régions adjacentes pour la synthèse de bassin et l'estimation du potentiel d'hydrocarbures (*B.C. MacLean*)
5. Études sédimentologiques et géochimiques des réservoirs d'hydrocarbure au large de l'est du Canada

L. BIOSTRATIGRAPHIE

1. Identification et interprétation biostratigraphique

tigraphique des fossiles (*S.M. Barss*)

2. Zonation palynologique des roches carbonifères et permienes des provinces de l'Atlantique, du golfe du Saint-Laurent et du Nord canadien (*S.M. Barss*)
3. Biostratigraphie des régions de l'Atlantique et autres (*R.A. Fensome*)
4. Taxinomie, phylogénie et écologie des palynomorphes (*R.A. Fensome*)
5. DSDP-dinoflagellés (*G.L. Williams*)
6. Zonation biostratigraphique (foraminifères, ostracodes) des roches mésozoïques et cénozoïques de la plate-forme atlantique (*P. Ascoli*)
7. Mise au point d'un système de traitement des données biostratigraphiques (*S.M. Barss*)
8. Méthodes biostratigraphiques d'étude des sédiments marins du Quaternaire (*G. Vilks*)
9. Stratigraphie quantitative en paléocéanographie et dans l'analyse des bassins pétroliers (*F.M. Gradstein*)

M. BASES DE DONNÉES

1. Représentation 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 de la côte est (*G.L. Williams*)
3. Inventaire des données (*I. Hardy*)
4. Mise au point d'un système d'information sur la zone côtière (*D. Forbes*)

N. PROGRÈS TECHNIQUES

1. Instrument de surveillance de la dynamique des sédiments — RALPH (*D.E. Heffler*)
2. Mise au point de la foreuse Vibracorer pour les études géotechniques, géologiques et techniques (*K.S. Manchester*)
3. Mise au point et mise en oeuvre de méthodes pour la manutention et l'entretien des câbles (*K.S. Manchester*)
4. Seabed II (*G.B. Fader*)
5. Données sismiques numériques par voie unique (*B. Nichols*)
6. CIGAL — Acquisition et archivage de données géophysiques par ordinateur (*B.D. Loncarevic*)

O. PROJETS SPÉCIAUX

1. Planification du programme de forage océanique (*D.I. Ross*)
2. Conflits frontaliers : Saint-Pierre et Miquelon; mer de Beaufort (*D.I. Ross*)

SERVICE HYDROGRAPHIQUE DU CANADA, RÉGION DE L'ATLANTIQUE

A. LEVÉS HYDROGRAPHIQUES

1. Côtes et ports :
 - Baie St. Mary's (N.-É.) (*D.A. Blaney*)
 - Port de Saint-Jean (N.-B.) (*D.A. Blaney*)
 - Détroit de Belle Isle (T.-N.) (*D.A. Blaney*)
 - Argentia (T.-N.) (*D.A. Blaney*)
 - Port de St. John's (T.-N.) (*D.A. Blaney*)
 - Port d'Halifax (N.-É.) (*C. Stirling*)
 - Goose Bay (Labrador) (*K. Malone*)
 - Port de Yarmouth (N.-É.) (*S. Dunbrack, D.A. Blaney, J. Ferguson*)
 - Baie Notre-Dame (T.-N.) (*V. Gaudet*)
 - Détroit de Jones (T.N.-O.) (*V. Gaudet*)
 - Nouveau-Brunswick — Ports de la côte nord (*E.J. Comeau*)
2. Portion océanique du plateau Scotian (*V. Gaudet*)
3. Banc Saint-Pierre (*G.W. Henderson*)
4. Levé de révision de Pictou (N.-É.) à la baie des Chaleurs (N.-B.) (*G. Rockwell*)
5. Rivière Miramichi (*G. Rockwell*)
6. Fjord Nachvak (Labrador) (*E.J. Comeau*)
7. Longstaff Bluff, bassin de Foxe (*E.J. Comeau*)
8. Inlet Navy Board (T.N.-O.) (*C. Sterling*)
9. Levé à contrat de la baie Notre-Dame (T.-N.) (*K. Malone*)
10. Levé à contrat de la baie Roche et de ses approches (T.N.-O.) (*G.W. Henderson*)

B. MARÉES, COURANTS ET NIVEAUX DE L'EAU

1. Soutien permanent des services des Levés hydrographiques et de la Production de cartes du SHC (*S.T. Grant, C. O'Reilly, L. MacDonald, C.P. McGinn, G.B. Lutwick, F. Carmichael*)
2. Réseau permanent des marégraphes et des indicateurs de niveau de l'eau (*S.T. Grant, C.P. McGinn, G.B. Lutwick, F. Carmichael, L. MacDonald*)
3. Révision et mise à jour des Tables des marées de 1986 et des Instructions nautiques (*S.T. Grant, C. O'Reilly*)
4. Études des marées et courants et projets de modélisation numérique (*S.T. Grant*)
 - Modèle numérique des marées dans le détroit d'Hudson et la baie d'Ungava (*contrat passé avec Martec Ltd.*)
 - Étude des marées et courants dans le détroit d'Hudson et la baie d'Ungava

- Étude des lignes cotidales de la rivière Miramichi et de son estuaire (*contrat passé avec Discovery Consultants Ltd.*)
- Étude des marées de la rivière Miramichi et de son estuaire (*contrat passé avec Marinav Ltd.*)

5. Établissement des lignes cotidales dans le port de Yarmouth (*C. O'Reilly*)
6. Programme PPIL concernant le transfert des techniques de relevé des marées à MacAuley Surveys, Moncton (N.-B.) (*S.T. Grant, C.P. McGinn*)

C. NAVIGATION

1. Étalonnages du Loran-C pour les cartes à grande échelle de l'Atlantique canadien (*R.M. Eaton*)
2. Amélioration de la précision de l'erreur du Loran-C dans l'Atlantique canadien (*N. Stuijbergen*)
3. Évaluations du Navstar (*R.M. Eaton*)
4. Amélioration du BIONAV (*H. Boudreau*)
5. Mise au point de la cartographie électronique (*R.M. Eaton*)

D. PRODUCTION DE CARTES

1. Production de 8 nouvelles cartes, 7 nouvelles éditions standard et 5 nouvelles éditions Loran-C (*T.B. Smith, S. Weston*)

E. INSTRUCTIONS NAUTIQUES

1. Publication du Guide nautique, rivière fleuve Saint-Jean, troisième édition (*R. Pietrzak*)
2. Révision des Instructions nautiques, Nouvelle-Écosse (côte SE) et baie de Fundy (*R. Pietrzak*)

F. DÉVELOPPEMENT HYDROGRAPHIQUE

1. Mise en oeuvre du système portatif de balayage acoustique vertical Navitronic (*R.G. Burke, S.R. Forbes*)
2. Spécifications d'un navire destiné au balayage acoustique (*R.G. Burke, S.R. Forbes*)
3. Essais du DOLPHIN — Banc de l'île de Sable (*R.G. Burke, K. Malone*)
4. Amélioration des levés automatiques (*H. Varma, K.T. White*)
5. Amélioration de la cartographie assistée par ordinateur (*S.R. Forbes*)

G. RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

1. ARCS — Mise au point d'un sous-marin autonome télécommandé pour les travaux sous la glace de l'océan Arctique (*contrat passé avec International Submarine Engineering Ltd.*)

Extraits du journal de bord de l'Institut

● L'année 1984 a commencé à l'Institut avec une triple récompense accordée au Laboratoire d'écologie marine (LEM) : des articles publiés dans les années soixante par Bob Conover, Lloyd Dickie et Ken Mann ont été désignés comme Citation Classics, mention qui signale les articles les plus souvent cités dans une discipline particulière sur plusieurs dizaines d'années.

● Au début de l'année, Felix Gradstein, du Centre géo-scientifique de l'Atlantique (CGA), a donné un cours sur les nouvelles conceptions et méthodes de la stratigraphie à l'Université de Kharagpur, en Inde; Trevor Platt, du LEM, avec des collègues américains et chiliens, a donné un cours sur l'écologie pélagique à l'Université catholique du Chili. Sur l'invitation de la République populaire de Chine, Francis Tan et Charles Quon, du Laboratoire océanographique de l'Atlantique (LOA), ont présenté séparément une série de conférences dans divers instituts et universités de Chine.

● À partir de travaux effectués par le personnel de l'Institut, le Service hydrographique du Canada (SHC) a publié la troisième édition du Guide nautique pour la rivière Saint-Jean (Nouveau-Brunswick); ce supplément à la carte destinée aux plaisanciers comprend, pour la première fois, des photographies aériennes obliques et des notes sur l'histoire de la rivière.

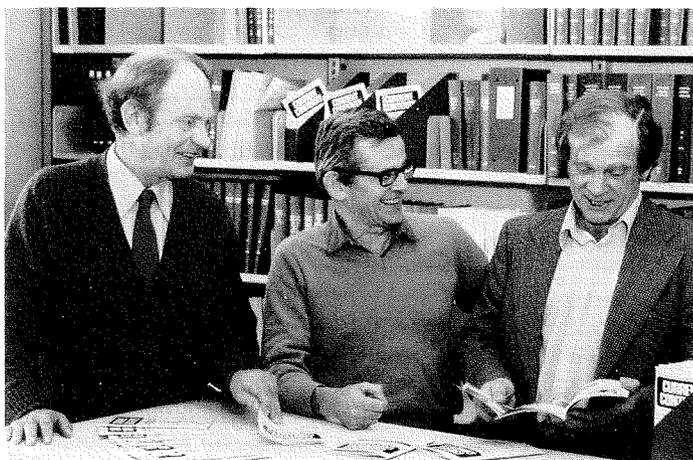
● Le nsc *Hudson* a commencé ses expéditions de 1984 [expédition 84-001, du 24 janvier au 8 février] avec un relevé pluridisciplinaire de deux semaines dans le golfe du Saint-Laurent. Sous la direction d'un scientifique principal du LOA, Gary Bugden, 6 équipes ont effectué diverses mesures, dont bon nombre étaient les premières du genre prises en hiver dans le golfe, et qui ont permis aux chercheurs de comparer les variations saisonnières dans les processus biologiques, physiques et chimiques en œuvre dans le golfe.

● À l'aide du brise-glace NCGC *Labrador*, le SHC, région de l'Atlantique, a établi les minutes hydrographiques d'une nouvelle route reliant Davis Inlet à Nain (Labrador), qui réduit de 6 heures la traversée et assure aux navires un couloir abrité qui devrait être libre de glace plus tôt dans la saison que l'ancienne route.

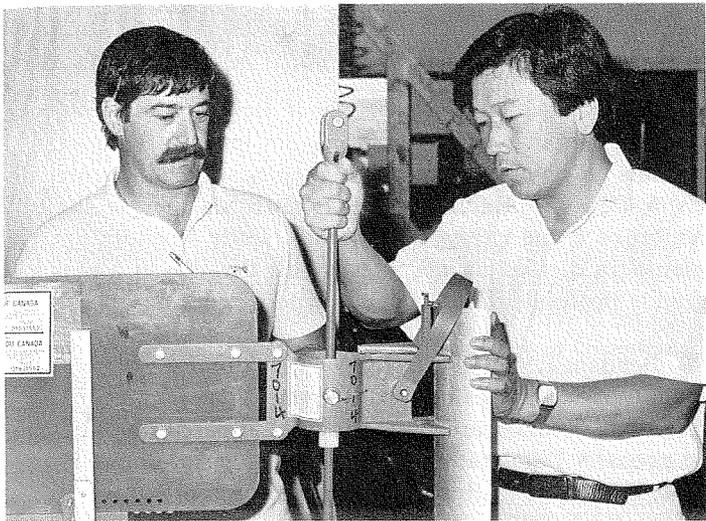
● Une équipe de cinq biologistes de la Division des poissons de mer (DPM) a passé le mois de février à l'île de Sable pour compter et étiqueter les jeunes phoques gris de l'année : sur les 5 824 petits qui venaient de naître, 5 188 ont été marqués. Sur le total des nouveau-nés, 700 sont morts de cause naturelle avant même de pouvoir commencer leur existence en mer.

● Au cours du mois de mars, le nsc *Baffin* a travaillé sur le front des champs de glace, au sud du Labrador. Deux équipes ont mené séparément des travaux à partir du navire : des scientifiques du LEM, du Centre des pêches de l'Atlantique nord-ouest du MPO et de la Smithsonian Institution (É.-U.) ont recueilli des données sur le phoque du Groenland et le phoque à capuchon, tandis que d'autres océanographes du LEM étudiaient la physiologie du phytoplancton sous la couverture de glace de fin d'hiver, au moment où le rayonnement solaire augmente et où la croissance végétale est imminente.

● Du 17 au 22 mars, une grande rencontre internationale a eu lieu à l'Université Laval : organisée par Ken Mann et Trevor Platt, du LEM, à la demande du Comité scientifique pour les recherches océaniques, elle rassemblait les grands théoriciens de diverses disciplines. Certaines des applications possibles de la thermodynamique, de la théorie de l'information, de l'analyse des écoulements et de la mécanique statistique à l'océanographie biologique ont été présentées à un auditoire qui était composé principalement de biologistes.



Ken Mann, Lloyd Dickie et Bob Conover



KELLY BENTHAM

Bruce Pinsent, du LOA, donne des conseils à l'ingénieur coréen Ho Kyung Jun. Le LOA aide la Corée à développer ses moyens océanologiques dans le cadre d'un programme de développement de l'ONU.



KELLY BENTHAM

Michel Latrémouille, rédacteur en chef de la *Revue de l'IOB*.

● Chaque année, l'élément du SHC présent à l'Institut donne à l'intention des membres de l'Institut et des usagers extérieurs des cours sur la navigation à l'aide du Loran-C et du Satnav et sur les relevés des marées et des courants. Cette année, 43 personnes, dont certaines venaient de loin (Québec à l'ouest et St. John's à l'est) ont suivi les cours de navigation de février, et 27 participants, dont la plupart venaient de l'extérieur, ont pris le cours sur les relevés des marées et les courants du mois de mars.

● En avril, les géologues du CGA ont recueilli au puits pétrolier Hibernia I-46 quelque 500 m d'échantillons par carottage rotatif continu, échantillons qui doivent servir pour plusieurs études géologiques. L'analyse de toutes les données sur la maturation des hydrocarbures, obtenues dans les neuf puits du bassin de l'est de Terre-Neuve, permettront de construire un modèle de la génération des hydrocarbures dans la région.

● À la fin de mai, on apprenait que la *Revue 1982 de l'IOB* et son rédacteur en chef, Michel Latrémouille avaient gagné le prix de communication technique distinguée décerné en 1983 par le chapitre de l'est de l'Ontario de la Société pour la communication technique.

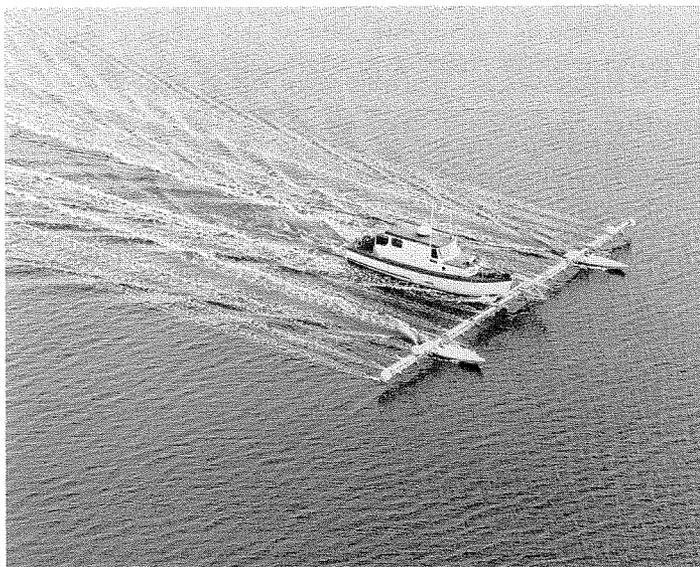
● Au mois de mai a été publiée une importante nouvelle édition de la carte 4910 (Rivière Miramichi, Nouveau-Brunswick); cette carte décrit le nouveau chenal avec ses aides à la navigation. Cette publication venait couronner un travail de trois années, ayant coûté plusieurs millions de dollars, réalisé par le ministère des Travaux publics, celui des Transports et celui des Pêches et des Océans, et destinée à offrir aux navigateurs un couloir plus sûr et plus profond.

● Le personnel du CGA a effectué une analyse exhaustive de toutes les données géologiques intéressant le plateau continental du Labrador; ces données formeront la base

d'une carte au 2 000 000^e des sédiments du Quaternaire qui doit être publiée dans une nouvelle édition de *La géologie du Canada*, ouvrage en plusieurs volumes, qui est en cours de préparation et entre dans la révision périodique de la géologie de notre pays, tout en constituant la contribution canadienne au projet « The Decade of North American Geology », qui marque le centenaire du Geological Survey of America.

● Ray Sheldon, du LEM, qui a fait des recherches remarquables sur le spectre linéaire de la biomasse océanique, a reçu le titre de docteur ès sciences, décerné par l'Université de Manchester.

● Les journées d'accueil de l'Institut, qui en sont à leur quatrième année, ont eu lieu du 30 mai au 3 juin. Près de



ROGER BÉLANGER

Ce système portable de balayage assure une couverture bathymétrique totale permettant la cartographie des havres de la côte.

30 000 personnes sont venues admirer les nombreuses expositions, visiter les navires de recherche, assister à des démonstrations de matériel et suivre une série de conférences présentées par des chercheurs sur des sujets intéressant le grand public, notamment les ressources pétrolières et gazières des eaux du large ou l'usine marémotrice de la baie de Fundy et ses effets sur l'environnement.

● La deuxième conférence annuelle commune de la Société canadienne de météorologie et d'océanographie et de l'Union géophysique canadienne a rassemblé entre le 29 mai et le 1^{er} juin plus de 400 personnes à l'Université Dalhousie, à Halifax. Les membres de l'Institut ont joué leur rôle dans la réussite de la conférence : plus de 45 exposés ont été présentés ou cosignés par des chercheurs de l'IOB et plus de 60 scientifiques de l'Institut y ont participé, dont 9 travaillaient dans le comité organisateur; enfin, les délégués ont été invités à une visite spéciale de l'Institut avant les journées d'accueil.

● Au cours d'une très fructueuse expédition du nsc *Hudson*, au mois de juin, le prototype du système de cartographie des grands fonds Seabed II, décrit dans la *Revue 1983 de l'IOB*, a fait ses preuves. Il a fourni des données de grande qualité et apporté des connaissances nouvelles sur le canyon Verrill. Seabed II, premier instrument de grand fond entièrement canadien, a été mis au point dans le cadre d'un projet spécial industrie-gouvernement réalisé par Huntec '70 Ltd.

● Depuis la fin des années soixante-dix, le LOA travaille à l'élaboration d'amarrages de courantomètres qui pourraient être déployés et récupérés sans problèmes après un an et plus. La durée maximum d'amarrage était de moins de 3 mois mais, en juin, 5 amarrages de 470 m portant 4 courantomètres chacun ont été récupérés après un séjour d'un an dans le Gulf Stream, sur la côte est du Canada.

● En juillet, l'universitaire invité Rong Wang, de l'Institut d'océanologie de l'Académie chinoise des sciences, achevait un projet d'un an réalisé avec Bob Conover, du LEM, qui

a permis de mettre au point une méthode de mesure du taux de broutage zooplanctonique dans l'océan.

● À l'aide de fonds fournis par le Bureau de la recherche et du développement énergétiques, les ingénieurs du LOA ont mis au point la technologie permettant d'augmenter de 200 à 425 m la profondeur opérationnelle du véhicule Batfish, remorqué à une vitesse de 8 nœuds. Cette amélioration permettra d'effectuer des relevés plus détaillés et à plus grande profondeur des couches superficielles de l'océan.

● Pendant l'été 1984, le LOA s'est doté d'un dispositif d'analyse des images qui a des applications en matière de recherche océanographique. C'est cet appareil qui a permis de préparer l'illustration de la page couverture pour la présente édition de la Revue; le dispositif comprend un ordinateur VAX-750 et un terminal couleur Adage, ainsi qu'un logiciel mis au point par Perceptron Computing Ltd., de Toronto. Les scientifiques de l'Institut ont reçu la formation nécessaire, et un logiciel de l'Université de Miami, contenant des sous-programmes d'analyse des images spécialement conçus pour l'océanographie, est actuellement mis en place.

● Un dispositif de levé bathymétrique à « couverture totale », mis au point à l'Institut grâce à des fonds de recherche-développement pour le transport dans l'Arctique, a été mis à l'essai pour la première fois en août. Ce dispositif à balayage transportable s'est bien comporté dans l'Arctique; sa mise en place à partir d'une vedette a permis d'acquérir une expérience précieuse.

● En août, le personnel du CGA a achevé la couverture vidéo par voie aérienne de presque toute la côte entre la péninsule de Tuktoyaktuk et la frontière de l'Alaska; l'équipe a recueilli d'autres données qui permettront de préciser à long terme le taux d'érosion du littoral en mer de Beaufort.

● La Division des poissons de mer revoit les évaluations annuelles des stocks de poisson qu'elle a effectuées par



Phoques gris sur l'île de Sable, pendant la saison de reproduction



Le navire de recherche allemand *Polarstern* (RDA), employé pendant l'expérience internationale de la zone de glace marginale (MIZEX).

l'intermédiaire du Comité consultatif scientifique sur les pêches canadiennes dans l'Atlantique, comme elle fait chaque année pour repérer et régler les problèmes. Lors d'un atelier tenu à la fin du mois d'août, ses membres ont réalisé l'examen le plus exhaustif et global qui ait jamais porté sur ses méthodes et ses programmes. Grâce à cet examen, les évaluations de 1985 ont été nettement améliorées.

- Les scientifiques du LOA ont participé à l'expérience internationale de la zone de glace marginale (MIZEX) à bord du brise-glace allemand *Polarstern*, en juin et juillet, dans le détroit de Fram, entre le Spitzberg et le Groenland. L'expérience avait pour projet d'étudier la météorologie et l'océanographie des régions proches des rebords des grands champs de glace.

- Au début de septembre a eu lieu à l'Institut une réunion spéciale sur la biologie et l'écologie des calmars dans l'Atlantique nord-ouest. Mise sur pied par l'Organisation des pêches de l'Atlantique nord-ouest, elle a rassemblé 45 spécialistes du Canada, de Cuba, du Danemark, de République fédérale d'Allemagne, de France, du Japon, de Norvège, de Pologne, du Portugal, du Royaume-Uni et des États-Unis; les scientifiques ont examiné les nombreux progrès réalisés ces dernières années dans le domaine de la biologie des céphalopodes et ont discuté de l'orientation des recherches futures.

- Au début d'octobre a eu lieu à l'Institut la réunion annuelle de la CICTA (Commission internationale pour la conservation des thonidés de l'Atlantique), qui a son siège à Madrid. La réunion a été suivie par une séance spéciale à caractère scientifique portant sur la situation du thon rouge de l'Atlantique nord-ouest, sujet particulièrement intéressant pour les chercheurs des Maritimes.

- Le rapport de 686 pages intitulé « Update on the marine environmental consequences of tidal power development in the upper reaches of the Bay of Fundy » a été publié en octobre [voir chapitre 6, Gordon et Dadswell, 1984]. Ce rapport, qui devrait faire autorité pendant les années qui viennent, résume tous les travaux de recherche sur la baie de Fundy menés depuis 1976 et coordonnés par le Conseil des sciences des provinces de l'Atlantique; de nombreux membres du LEM ont participé aux travaux.

- La quatrième exposition canadienne sur les ressources des eaux du large (CORE) a eu lieu à Halifax à la mi-octobre. Le CGA et le MPO (IOB) y ont participé. Le CGA a présenté entre autres une carte du pétrole et du gaz de la côte est du Canada, sur laquelle des diodes électroluminescentes indiquaient l'emplacement de tous les forages d'exploration et leurs résultats. Le MPO à l'IOB a présenté un prototype du véhicule ARCS destiné aux levés sous la glace et un modèle de la tempête qui a causé le naufrage de la plate-forme *Ocean Ranger*.

- Trevor Platt, du LEM, et Farooq Azam, de la Scripps Institution of Oceanography, ont reçu ensemble le prix Rosenstiel 1984 pour les sciences océanographiques décerné



L'astronaute Kathy Sullivan, qui a visité l'IOB en 1984.

Photographie de la NASA

par l'Université de Miami et l'American Association for the Advancement of Science. Ces chercheurs sont considérés comme les auteurs des progrès les plus remarquables qui aient été faits depuis dix ans en océanographie biologique.

- À la fin novembre, le nsc *Baffin* achevait une campagne de 33 jours combinant les levés hydrographiques et géophysiques au sud de Terre-Neuve; les données ont été recueillies sur un trajet de 6 600 milles marins, à intervalles de 10 milles. Le projet a été entrepris conjointement par la Division de la gravimétrie, de la géothermie et de la géodynamique, Direction de la physique du globe (EMR), par le CGA et par le SHC, région de l'Atlantique.

- Cette année, pour la première fois, les scientifiques de l'Institut ont pu avoir directement accès à un super-ordinateur Cray par l'intermédiaire du Service de l'environnement atmosphérique (MDE) à Dorval (Québec). L'Institut a eu recours au super-ordinateur de façon beaucoup plus intense que prévu, pour des études portant notamment sur la modélisation de la circulation océanique à grande échelle et de la structure des ondes baroclines, et sur la résolution numérique d'une équation aux différences finies décrivant la déformation de la lithosphère.

- Au cours de l'année, le LOA a continué à apporter son aide à la Corée, comme il le fait depuis 1981. Pour développer les moyens d'étude de l'océan, et dans le cadre



HEINZ WIELE

Dr Wally Broecker, géochimiste à l'Observatoire géologique Lamont-Doherty, a été le neuvième lauréat de la médaille d'argent A.G. Huntsman, qui récompense les travaux remarquables dans le domaine des sciences de la mer. Le prix lui a été décerné à cause des vastes recherches qu'il a menées sur les processus chimiques en œuvre dans les océans, et particulièrement de son utilisation des radio-isotopes pour la datation des minéraux, des sédiments océaniques et de l'eau de mer. Ses travaux ont permis de repérer le lent écoulement des eaux dans les fonds océaniques et d'estimer la vitesse de renouvellement des eaux des océans sur l'ensemble du globe.

d'un programme de développement des Nations-Unies, 5 technologistes du LOA vont passer, pendant les trois années qui viennent, environ 34 semaines au KORDI, Institut coréen de recherche-développement océanologique, et 4 ingénieurs du KORDI vont passer au total 50 semaines au LOA et à la Direction des services des données sur le milieu marin du MPO, à Ottawa.

● Le LOA a été au premier plan du projet pilote sur l'échange d'humidité au-dessus de la mer (programme HEXOS) qui a été réalisé en novembre sur une plate-forme de recherche installée en mer du Nord, à 10 km des côtes des Pays-Bas.

● Parmi les visiteurs reçus à l'Institut en 1984, on note : Dr Terence Armstrong, du Scott Polar Research Institute; le président du Portugal, M. Eanes, et certains de ses collaborateurs; le Comité canado-américain de coopération militaire, composé d'une vingtaine d'officiers de haut rang

des deux pays; M. Christopher Trump, vice-président de SPAR Aerospace; les participants au quatrième camp d'été de formation en gestion des océans, organisé cette année à Halifax par l'Institut océanologique international de Malte, en collaboration avec le Centre de recherche en politique étrangère de l'Université Dalhousie; le professeur Wolfgang Krauss, de l'Institut für Meereskunde, RFA; le capitaine A. Civetta, hydrographe en chef de la marine italienne, accompagné de ses collaborateurs et de l'attaché militaire italien; Dr Warren Godson, conseiller scientifique principal auprès du Service de l'environnement atmosphérique (MDE) à Downsview (Ontario); Dr Andrew J. Carey, Jr., professeur d'océanographie au collège d'océanographie, Université de l'Oregon; le professeur Yoshiaki Toba de l'Institut de géophysique de l'Université Tohoku, au Japon; Dr Kathryn Sullivan, spécialiste en mission lors du vol 41G de la navette de la NASA, en 1984, et diplômée de l'Université Dalhousie.

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. 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 flotte 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*



  Pêches
et Océans

Fisheries
and Oceans

  Énergie, Mines et
Ressources

Energy, Mines and
Resources

  Environnement

Environment