



LES SCIENCES DE LA
TERRE AU CANADA, 1980

LES GÉOSCIENCES MARINES AU CANADA; ÉTAT D'AVANCEMENT



GRAVITÉ 1980

BOUGUER SUR LE CONTINENT
AIR LIBRE AU LARGE

DIRECTION DE LA PHYSIQUE DU GLOBE
ÉNERGIE, MINES ET RESSOURCES, CANADA

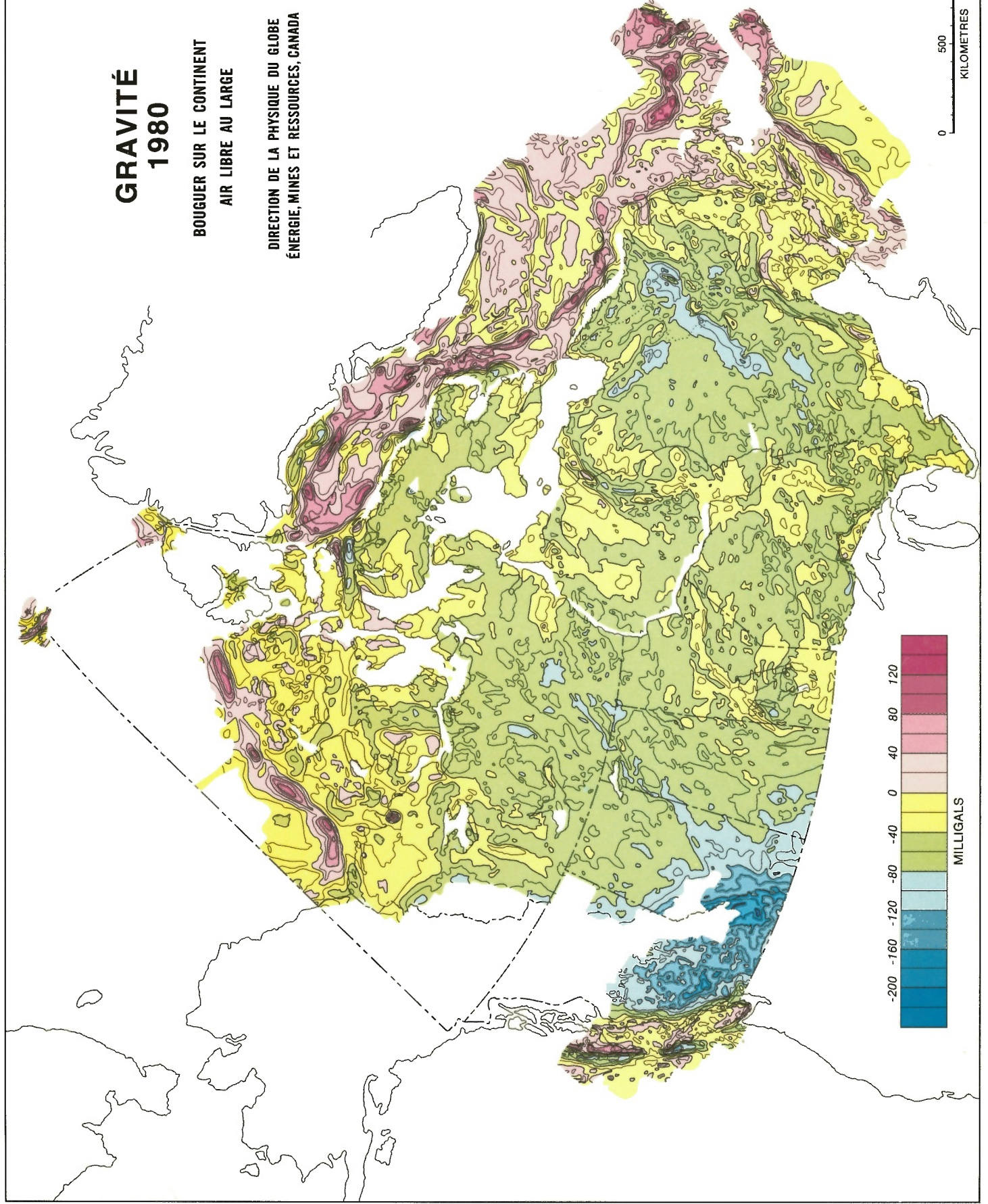


FIGURE 3.6



**COMMISSION GÉOLOGIQUE
ÉTUDE 81-6, PARTIE 1**

LES SCIENCES DE LA TERRE AU CANADA, 1980

Partie 1: Les géosciences marines au Canada; état d'avancement

Rapport préparé par le Comité des géosciences marines du
Conseil canadien des sciences de la Terre

Président: R.D. Johnson

Membres: J.I. Clark, L.E. Johnson-Ibach, M.J. Keen,
G.E. Reinson, P.J. Savage

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1983

En vente au Canada par l'entremise de nos

agents libraires agréés
et autres librairies

ou par la poste au:

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnement et Services Canada
Hull (Québec), Canada K1A 0S9

et aussi à la

Commission géologique du Canada,
601, rue Booth
Ottawa, K1A 0E8

Un exemplaire de cette publication peut aussi être
consulté dans les bibliothèques publiques partout au Canada

Nº de catalogue M44-81/6F Canada: \$11.50
ISBN 0-660-91056-X Hors Canada: \$13.80

Prix sujet à changement sans avis préalable

Préparation et mise en page

Debby Busby

Dactylographie et vérification

Janet Gilliland
Sharon Parnham
Jacinthe Caron
Janet Legere

TABLE DES MATIÈRES

	1. APERÇU, CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS
1	Aperçu
3	Conclusions et recommandations
	2. INTRODUCTION
6	Les régions marines du Canada – G.E. Reinson
7	La marge continentale du Pacifique
7	La marge continentale de l'Atlantique
9	La marge continentale de l'Arctique
10	Les Grands Lacs
10	La mer et les sciences de la terre: quelques observations sur les réalisations canadiennes – M.J. Keen
11	Réalisations
11	Contexte général
12	Bassins océaniques contigus
13	Marges continentales
15	Bassins sédimentaires
15	Plateau et talus continentaux: sédiments et roche en place du Quaternaire
16	Régime côtier
18	Arctique
19	Instruments
19	Répercussions
21	Les sciences de la Terre en milieu côtier et gestion de l'environnement – G.E. Reinson
21	Introduction
22	Universités
22	Gouvernements
22	Industrie
23	Bilan
23	Souveraineté et compétence – R.J. Harrison
23	Les sciences de la Terre en milieu marin au Canada, dans les années 80 – A.E. Pallister
	3. GOUVERNEMENT
25	Les sciences de la Terre en milieu marin au gouvernement fédéral – M.J. Keen, avec le concours de P.G. Sly, R.D. Hyndman et C.P. Lewis
26	Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources
26	Secteur des sciences de la terre
26	Commission géologique du Canada
26	Centre géoscientifique de l'Atlantique
30	Division de la géophysique et de la géochimie appliquée
30	Division de la science des terrains
30	Institut de géologie sédimentaire et pétrolière
32	Direction de la physique du globe
32	Division de la gravité, de la géothermique et de la géodynamique
33	Division de la sismologie et du géomagnétisme
33	Direction de la physique du globe et Commission géologique du Canada
33	Centre géoscientifique du Pacifique
35	Étude du plateau continental polaire
35	Direction des levés et de la cartographie
35	Secteur de la recherche et de la technologie
35	Centre canadien de télédétection
36	Centre canadien de la technologie et de l'énergie des minéraux
36	Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada
36	Programme ministériel d'évaluation des ressources pétrolières et gazières
37	Ministère des Pêches et des Océans
37	Institut océanographique Bedford, Dartmouth (Nouvelle-Écosse)
40	Institut des sciences océaniques, baie Patricia (Colombie-Britannique)
40	Service hydrographique du Canada
41	Levés multiparamétriques
41	Hydrographie et gravimétrie dans l'Arctique
41	Cartographie géoscientifique et la Carte bathymétrique générale des océans
41	Géodésie marine
41	Instruments
41	Réseau permanent de mesure du niveau de la mer
41	Ministère de l'Environnement
41	Programme des services de l'environnement
42	Service de la protection de l'environnement
42	Service de la conservation de l'environnement

42	Direction générale des eaux intérieures
42	Direction générale des terres
43	Service de l'environnement atmosphérique
43	Bureau fédéral d'examen des évaluations environnementales
43	Parcs Canada
43	Centre canadien des eaux intérieures, Burlington (Ontario)
45	Ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien
45	Direction générale des ressources non renouvelables du Nord
46	Direction de l'environnement du Nord
46	Conseil national de recherches
46	Génie mécanique
47	Recherches sur les bâtiments
47	Génie électrique
47	Ministère des Transports
47	Ministère de la Défense nationale
48	Ministère de l'Industrie et du Commerce
48	Agence canadienne de développement international
48	Ministère des Travaux publics
49	Ressources utilisées dans le domaine géoscientifique marin par le gouvernement du Canada
	Commentaires
54	Les organismes gouvernementaux, établissements et universités dans le Nord du Canada – C.P. Lewis
54	Le processus fédéral d'examen des évaluations environnementales – M.J. Keen
54	Processus
55	Répercussions sur le milieu marin
57	Les questions d'ordre juridique concernant la marge continentale du Canada – R.J. Harrison et I. Townsend-Gault
57	Introduction
57	Droit international
57	Doctrines du plateau continental
57	Limites maritimes de la compétence nationale
58	Les grands fonds marins
58	Questions relatives aux frontières
59	Droit constitutionnel
60	Lois régissant l'exploitation
60	Le rôle du Canada dans le domaine géoscientifique marin, au niveau international – C.E. Keen, D.J.W. Piper et M.J. Keen
60	Géologie et géophysique de l'océan Arctique
60	LADLE et LASE
60	Projet de forage des fonds marins
61	Forage des îles océaniques
61	Stockage des déchets nucléaires – projet Seabed
61	Projet relatif aux transects nord-américains
62	La participation canadienne au programme international des forages océaniques – M.J. Keen
64	Besoins canadiens et le Projet de forage des fonds marins
66	Contexte du Projet de forage des fonds marins
66	Communauté scientifique canadienne
66	Résumé
66	Les sciences de la Terre en milieu marin au sein des gouvernements provinciaux – R.D. Johnson, avec le concours de A. Sutherland Brown, W. Potter, D.E. Gemmell, D.S. Rankin, M. Sheppard et B. Small
66	Colombie-Britannique
67	Nouvelle-Écosse
67	Nouveau-Brunswick
67	Service de gestion des ressources des Maritimes
67	Terre-Neuve

4. UNIVERSITÉS

68	Les activités et les dépenses des universités – D.J.W. Piper
70	Le financement des universités – R.D. Johnson
70	Les sciences de la Terre en milieu marin dans les universités – contributions de M.M. R. Chase, J.I. Clark, D.H. Shields, S.B. McCann, D. d'Anglejan, D.J.W. Piper et G.R. Peters
70	Colombie-Britannique
71	Alberta
71	Canada central
71	Ontario
72	Québec
73	Provinces de l'Atlantique
75	Terre-Neuve
76	Les universités – la prochaine décennie – D.J.W. Piper

5. INDUSTRIE

79	L'examen des frais et des travaux consacrés au forage et à la géophysique – K.P. Appleton
79	Côte Est
80	Plateau continental de la Nouvelle-Écosse
83	Grands Bancs et Nord-Est de Terre-Neuve
83	Plateau continental du Labrador
83	Golfe Saint-Laurent
83	Baie de Fundy
83	Haut-Arctique
83	Baie Baffin et détroit de Davis
83	Îles de l'Arctique
83	Mer de Beaufort
84	Autres régions
84	Côte Ouest
84	Baie d'Hudson
84	Grands Lacs
84	L'activité géophysique au Canada – M. Roth
84	Nord du Canada
84	Introduction
84	Le S.S. Manhattan
85	Mer de Beaufort
86	Archipel de l'Arctique
86	Baie Baffin et détroit de Davis
87	Ouest du Canada
87	Introduction
87	Côte Ouest
87	Canada central
87	Introduction
87	Grands Lacs
88	Baie et détroit d'Hudson
88	Est du Canada
88	Introduction
88	Côte Est
90	Le rôle des sciences de la Terre en milieu marin dans l'exploration et la mise en valeur du pétrole, de 1980 à 2000 – R. Meneley et F. Rayer
92	L'exploitation minière et le dragage – D. Pasho
92	Ouest du Canada
92	Canada central
92	Est du Canada
92	Nord du Canada
93	Les minéraux – D. Pasho
94	L'industrie de la géophysique aérienne – N.R. Paterson
94	Introduction
94	Activités
95	Industrie
97	Avenir
97	Réalizations et contraintes techniques
98	Activités
98	Canada central
98	Ouest du Canada
98	Région de l'Atlantique
98	Nord du Canada
99	Les entrepreneurs et experts-conseils dans le domaine des régions froides – J.I. Clark
99	Régions de l'Atlantique
99	Canada central
99	Ouest du Canada
100	Les entrepreneurs et experts-conseils sur la côte Ouest – R. MacDonald
101	Les études techniques et conceptuelles – J.I. Clark
102	Le projet relatif aux fonds marins – R.W. Hutchins
102	Projet
102	Télédétection acoustique quantitative des fonds marins

Figures

6	2.1 Régions océaniques adjacentes au Canada
8	2.2 Régions océaniques adjacentes à l'Ouest du Canada
8	2.3 Régions océaniques adjacentes à l'Est du Canada
9	2.4 Régions océaniques adjacentes au Nord du Canada
12	2.5 Coupe transversale stratigraphique du bassin nord-américain, de la côte Est de l'Amérique du Nord jusqu'à la crête médio-atlantique

14	2.6	Représentation thermo-mécanique de l'évolution des marges continentales de type atlantique
14	2.7	Plaques lithosphériques au large de la côte Ouest du Canada
15	2.8	Flux thermique et structure des sols, du Pacifique est jusqu'à la Colombie-Britannique
16	2.9	Géologie de la surface du plateau de la Nouvelle-Écosse et des régions adjacentes, indiquant la répartition des unités lithostratigraphiques
17	2.10	Répartition des éléments et caractéristiques géologiques du plateau de la Nouvelle-Écosse et des régions adjacentes qui sont importantes dans les études techniques
26	3.1	État de la cartographie du champ potentiel des régions au large des côtes, 1981
28	3.2	Emplacements des études effectuées sur les côtes par divers organismes, jusqu'en 1981
29	3.3	Emplacements des études effectuées sur l'érosion glaciaire jusqu'en 1981, y compris les marques d'érosion anciennes et récentes
31	3.4	Profils aéromagnétiques dans la baie Baffin et le nord de la mer du Labrador
32	3.5	Répartition et épaisseur des bassins sédimentaires du Canada, sur terre et en mer
	3.6	Carte gravimétrique du Canada
33	3.7	Lancement du magnétomètre d'étude des fonds marins
38	3.8	État de la cartographie bathymétrique, 1981
52	3.9	Poussée de glace sur la côte nord de l'île Somerset
58	3.10	Représentation des limites juridiques du plateau continental, au large du Canada
63	3.11	Corrélation possible entre les caractéristiques des Appalaches et celles de la chaîne calédonienne de chaque côté de l'Atlantique
65	3.12	Représentation de la paléocéanographie du nord de l'Atlantique, à un temps d'anomalie magnétique M-26 (environ l'Oxfordien moyen)
80	5.1	Frais de forage et d'études sismiques engagés par l'industrie pétrolière au large des côtes
81	5.2	Frais de forage et d'études sismiques engagés par l'industrie pétrolière au large des côtes
86	5.3	Activité géophysique, mer de Beaufort
86	5.4	Activité géophysique, archipel de l'Arctique
87	5.5	Activité géophysique, baie Baffin et détroit de Davis
87	5.6	Activité géophysique, zone au large de la côte Ouest
88	5.7	Activité géophysique, lac Érié
88	5.8	Activité géophysique, baie d'Hudson et détroit d'Hudson
88	5.9	Activité géophysique, zone au large de la côte Est
90	5.10	Puits forés au large de la côte Est du Canada et dans la baie d'Hudson, de 1962 à 1981
93	5.11	Infiltration naturelle des hydrocarbures dans l'inlet Scott et le golfe Buchan, plateau de l'île Baffin
95	5.12	Sillons produits par les icebergs, tel qu'enregistrés par un appareil à balayage latéral dans 190 m d'eau au large du Labrador
96	5.13	Données provenant du Deep Tow Seismic System de la Huntec

Tableaux

7	2.1	Mesures du littoral canadien
7	2.2	Région où se trouvent les principaux éléments physiographiques des marges continentales du Canada
50	3.1	Ressources affectées à la recherche en sciences de la Terre en milieu marin par le gouvernement fédéral, de 1979 à 1980 A) Programmes à participation directe B) Programmes à participation indirecte C) Mise en situation: coûts de certains autres services fédéraux
52	3.2	Ventilation sommaire des dépenses fédérales par sujet de 1979 à 1980
73	4.1	Personnel enseignant dans le domaine géoscientifique marin, à l'Université Dalhousie
74	4.2	Financement total de la recherche dans le domaine géoscientifique marin, de 1978 à 1980, à l'Université Dalhousie
74	4.3	Étudiants diplômés en géologie dans le domaine géoscientifique marin, de 1975 à 1980, à l'Université Dalhousie
75	4.4	Appareillage utilisé à bord des navires de recherche géoscientifique en milieu marin, à l'Université Dalhousie
82	5.1	Frais d'exploration au large des côtes engagés par l'industrie pétrolière
85	5.2	Activité géophysique (kilomètres réels de réflexion et de réfraction)

Préface

La plupart des disciplines représentées au sein du Conseil canadien des sciences de la Terre participent à des travaux géoscientifiques marins au Canada. Chacun des rapports annuels du Conseil, à commencer par le tout premier (étude 75-6 de la Commission géologique du Canada), présente un bref commentaire sur l'état des sciences de la Terre en milieu marin au Canada. Peu après la création du Conseil, M. Yves O. Fortier a souligné la nécessité de faire le point sur les travaux accomplis dans le domaine des sciences de la Terre au large des côtes. Ce besoin s'est fait de plus en plus évident d'un rapport annuel à l'autre et, devant cet état des choses, le Conseil a formé en 1979 le Comité des sciences de la Terre en milieu marin présidé par R.D. Johnson. C'est alors qu'ont commencé les travaux qui ont abouti à la publication du présent rapport.

Ce rapport présente "l'état actuel" des travaux accomplis par les géoscientifiques dans les régions marines du Canada. Il donne une appréciation de la nature et de la répartition des activités des scientifiques et des ingénieurs du gouvernement, des universités et de l'industrie, et met en évidence les secteurs professionnels forts et faibles. En somme, il a pour but de donner un aperçu des efforts actuels, des possibilités et des perspectives d'avenir dans le domaine géoscientifique marin au Canada.

Dans ce rapport, l'expression "sciences de la Terre en milieu marin" ne se limite pas à l'océanographie géologique, à la géotechnique marine et à la géophysique des eaux peu profondes; elle englobe toutes les sciences de la Terre qui interviennent dans l'exploration, l'évaluation et la mise en valeur des régions marines du Canada et des Grands Lacs. Les documents présentés ici ont été rédigés par des scientifiques oeuvrant dans un large éventail de disciplines et décrivent une grande partie des travaux en cours et prévus dans les secteurs gouvernemental, industriel et universitaire.

La section Aperçu donne un résumé des différents documents contenus dans le présent rapport, qui rendent compte de l'état des géosciences marines au sein des gouvernements, dans les universités et dans l'industrie. Les Conclusions et recommandations, qui ont été formulées par le Comité, sont basées en partie sur des points soulevés par chacun des rédacteurs participants, en partie sur les opinions conjuguées de plusieurs scientifiques et en partie sur des jugements de valeur établis d'après l'expérience pratique acquise au cours de la préparation du présent rapport.

Ce document représente l'aboutissement des efforts de nombreuses personnes qui ont travaillé à titre bénévole. Le Conseil canadien des sciences de la Terre exprime donc tout particulièrement sa reconnaissance au Comité et à tous les rédacteurs dont les contributions ont servi à fournir une base de renseignements qui permettra au Comité des sciences de la Terre en milieu marin de prendre les mesures nécessaires pour pallier aux déficiences, et lacunes, ainsi que d'améliorer de façon générale l'état des sciences de la Terre en milieu marin au Canada.

Décembre 1981

J.O. Wheeler Président

D.W. Strangway Président sortant

MEMBRES DU COMITÉ ET RÉDACTEURS PARTICIPANTS

K.P. Appleton – Gulf Canada Limitée, Calgary
R. Chase – Université de la Colombie-Britannique, Vancouver
J.I. Clark – Golder Associates (Western Canada) Ltd., Calgary
B. d'Anglejan – Université McGill, Montréal
D.E. Gemmell – Ministère des Ressources naturelles du Nouveau-Brunswick, Fredericton
R.J. Harrison¹ – Institut canadien du droit des ressources, Calgary
R.W. Hutchins – Hunttec ('70), Toronto
R.D. Hyndman – Centre géoscientifique du Pacifique, Patricia Bay
L.E. Johnson-Ibach – R.D. Johnson and Associates, Calgary
R.D. Johnson – R.D. Johnson and Associates
C.E. Keen – Centre géoscientifique de l'Atlantique, Bedford
M.J. Keen – Centre géoscientifique de l'Atlantique, Bedford
C.P. Lewis² – Centre scientifique des ressources, Inuvik
R. MacDonald – Thorassic Data Ltd., Vancouver
S.B. McCann – Université McMaster, Hamilton
R. Meneley – Petro-Canada Exploration Inc., Calgary
A.E. Pallister – Pallister Resource Management Ltd., Calgary
D. Pasho – Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada, Ottawa
N.R. Paterson – Paterson, Grant, Watson Ltd., Toronto
G.R. Peters – Université Memorial, Saint-Jean
D.J.W. Piper³ – Université Dalhousie, Halifax
W. Potter⁴ – Ministère des Mines et de l'Énergie de la Nouvelle-Écosse, Halifax
D.S. Rankin – Nova Scotia Research Foundation Corporation, Halifax
F. Rayer – Petro-Canada Exploration Inc., Calgary
G.E. Reinson – Reinson Consultants Ltd., Calgary
M. Roth – Geophysical Service Inc., Calgary
P.J. Savage – Pan Canadian Petroleum Limited, Calgary
M. Sheppard – Terre-Neuve, Direction générale du pétrole, Saint-Jean
D.H. Shields – Université du Manitoba, Winnipeg
P.G. Sly – Centre canadien des eaux intérieures, Burlington
B. Small – Service de gestion des ressources des Maritimes, Conseil des premiers ministres des Maritimes
A. Sutherland Brown – Colombie-Britannique, Direction des ressources minérales, Victoria
I. Townsend-Gault – Institut canadien du droit des ressources, Calgary

¹ Affiliation actuelle: Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada, Ottawa

² Affiliation actuelle: Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, Victoria

³ Affiliation actuelle: Centre géoscientifique de l'Atlantique, Institut océanographique de Bedford.

⁴ Affiliation actuelle: Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada, Halifax

1. APERÇU, CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Ce rapport a été établi par le Comité des sciences de la Terre en milieu marin pour le compte du Conseil canadien des sciences de la Terre. Il expose l'état d'avancement des activités actuelles et futures du domaine géoscientifique marin au Canada, tel que perçu par les gouvernements, les universités et l'industrie. Les sciences de la Terre en milieu marin englobent ici toutes les activités qui relèvent de toutes les sciences de la Terre et qui ont pour objet les diverses régions marines du Canada. La section Aperçu présente un résumé des principaux points soulevés dans chacun des documents. Quant aux conclusions et aux recommandations présentées dans ce rapport, elles ont été formulées par le Comité, à partir des points soulevés dans les divers documents et des opinions qu'il a formées au cours de la compilation du présent rapport.

APERÇU

Le rapport est divisé en quatre sections: Introduction; Gouvernement, notamment les aspects fédéraux, provinciaux et internationaux; Université; et Industrie.

Dans la section Introduction, M. G.E. Reinson décrit le contexte physique dans lequel sont pratiquées les sciences de la Terre en milieu marin. Le domaine marin du Canada englobe une vaste région qui représente la moitié de la superficie de la partie terrestre du territoire canadien. Cette région est couverte en bonne partie d'eaux hostiles et infestées de glaces. M. M.J. Keen traite du développement des sciences de la Terre en milieu marin au Canada et présente ses réflexions sur leurs succès, leurs limites et leurs perspectives d'avenir. M. G.E. Reinson décrit les activités assez nombreuses qui ont été exercées dans les régimes côtiers au cours de la dernière décennie et explique les raisons de cette intensification des travaux. La quantité de travaux au large des côtes qui s'accomplira au Canada dans l'avenir dépendra de l'issue des conflits intérieurs et internationaux engendrés par les questions de souveraineté et d'autorité, comme le décrit M. Rowland Harrison. Le règlement de ces mécontentes déterminera la superficie du territoire marin du Canada et l'intensité des futurs travaux de mise en valeur des ressources au large des côtes. M. A.E. Pallister prévoit que, dans la prochaine décennie, les activités géoscientifiques en milieu marin seront animées et gouvernées par la recherche du pétrole.

Dans la section Gouvernement, M. M.J. Keen décrit comment et pourquoi divers secteurs du gouvernement fédéral participent aux sciences de la Terre en milieu marin. Les programmes géoscientifiques en mer sont financés au moyen de crédits votés par le Parlement et mettent en jeu des relations complexes entre des ministères, des organismes, des secteurs, des directions, etc. Le nombre et la diversité des activités et des réalisations accomplies par le gouvernement fédéral indiquent que la collaboration interministérielle s'est généralement avérée très fructueuse. M. Keen cite le cas d'une organisation fédérale qui est à l'écoute des besoins du milieu marin mais qui souffre d'un manque d'équipement et de personnel pour entreprendre les recherches nécessaires. Il affirme que les navires disponibles aujourd'hui auraient joué un rôle utile au début des années 60 mais qu'ils ne sauraient suffire en 1980. En dépit des réalisations, dans leur rôle traditionnel, des organismes fédéraux en cartographie et vers une meilleure compréhension de la géologie du vaste territoire marin du Canada, une somme de travaux énorme reste à faire. Selon

M. C.P. Lewis, cela est particulièrement vrai pour le Nord. Comme l'indique M. Keen, le gouvernement fédéral consacre actuellement 15 millions de dollars par année à des programmes qui font directement intervenir des sciences de la Terre en milieu marin, mais cette aide financière est répartie entre les nombreux programmes géoscientifiques marins et les nombreux organismes fédéraux chargés de les appliquer, de sorte que chacun reçoit peu. Dans un document distinct portant sur le Processus fédéral d'examen des évaluations environnementales, M. Keen souligne que, de plus en plus, on demande à des organisations fédérales dont la vocation première est d'obtenir des informations de base et d'entreprendre des recherches de procéder à des évaluations des ressources et de l'environnement. M. Keen conclut qu'à moins d'un accroissement des ressources financières, humaines et matérielles, ce fardeau supplémentaire aura pour effet de diluer sérieusement les ressources affectées à la recherche et de réduire les possibilités pour le gouvernement fédéral d'obtenir des données de ligne de base.

Le document de MM. Harrison et Townsend-Gault sur le présent conflit national et international engendré par les frontières et par la propriété de la marge continentale du Canada met en lumière les réalisations du gouvernement fédéral dans le domaine géoscientifique marin malgré les querelles et les incertitudes. Il est probable que la résolution issue des négociations sur le Droit de la Mer raffermira la compétence du Canada sur le territoire au large des côtes. On croit que la mise en valeur des ressources pétrolières, en particulier, donnera l'impulsion voulue pour régler les conflits intérieurs que soulèvent la souveraineté et l'autorité sur les ressources au large des côtes au cours de la prochaine décennie.

Le rôle du Canada sur la scène internationale des sciences de la Terre en milieu marin est examiné dans deux documents distincts. Le premier, signé par M. C.E. Keen, D.J.W. Piper et M.J. Keen, décrit brièvement la participation du Canada dans plusieurs projets, tandis que le second, signé par M. M.J. Keen, expose les grandes lignes du projet de participation du Canada dans le "Projet de forage des fonds marins". Jusqu'à présent, la participation financière du Canada, dans des projets internationaux a été presque négligeable. Les deux documents insistent sur les avantages que rapporterait au Canada un intérêt accru et poursuivi pour les projets internationaux.

L'étude de M. R.D. Johnson au sujet des contributions des divers gouvernements provinciaux révèle que la participation des provinces dans les sciences de la Terre en milieu marin se limite au financement de programmes universitaires et de certains projets de recherche, ainsi qu'à quelques travaux relatifs aux lignes de rivage. Johnson indique que les provinces maritimes pourraient accroître leur participation dans les sciences de la Terre en milieu marin si le droit des provinces sur les ressources au large des côtes était établi juridiquement.

La section Université contient les exposés d'un certain nombre d'universités participantes à travers le Canada. Les auteurs des divers documents décrivent brièvement les centres où les sciences de la Terre en milieu marin sont enseignées, les niveaux de financement, les domaines de recherche et le nombre de diplômés. Chaque année, les universités consacrent près de 2 millions de dollars au domaine géoscientifique marin. Les principales universités oeuvrant dans ce domaine sont Dalhousie, l'Université de la

Colombie-Britannique, l'Université McGill et l'Université du Québec, à Rimouski. En général, les universités mettent l'accent sur les travaux géoscientifiques côtiers (en particulier la géomorphologie, la sédimentologie et la cartographie environnementale des lignes de rivage) plutôt que sur d'autres domaines géoscientifiques marins; l'université McMaster, en Ontario, est un des centres reconnus pour leur travail dans les régimes côtiers. Le Comité relève néanmoins des lacunes dans ces établissements: d'une part, les universités canadiennes ne comptent pas de centre qui ait une réputation internationale dans le domaine géoscientifique marin et, d'autre part, il n'existe aucun centre reconnu de génie et de géotechnique en mer.

Bien que la recherche universitaire ait contribué dans une large mesure à approfondir la compréhension des régions marines au Canada, la plupart des documents indiquent que les universités sont limitées par un perpétuel "manque de fonds" et par un "manque de temps de navire". On considère que ces deux facteurs empêchent les établissements universitaires de convenablement remplir leur mandat. La pénurie actuelle d'étudiants supérieurs, en particulier de citoyenneté canadienne, est également perçue comme un obstacle majeur à l'expansion des sciences de la Terre en milieu marin au Canada.

Dans la section Industrie, les documents révèlent que, de toutes les activités menées dans les régions au large des côtes du Canada, la recherche de ressources pétrolières est de loin celle où les dépenses d'argent et les efforts scientifiques sont les plus considérables. M. K.P. Appleton affirme qu'actuellement, un cinquième des réserves mondiales connues se trouvent dans des gisements au large des côtes, ce qui, selon lui, confirme le principe suivant lequel les ressources au large des côtes justifient le risque élevé et les énormes immobilisations nécessaires aux travaux d'exploration. Les récentes découvertes de pétrole réalisées à Hibernia, au large de la côte Est, et dans la mer de Beaufort semblent appuyer cette thèse.

L'industrie pétrolière est considérée comme l'organe moteur d'une intensification des travaux en sciences de la Terre. Tour à tour, MM. Appleton, Roth et Meneley, et Rayer dévoilent des chiffres au sujet des sommes d'argent dépensées, des trous forés et des kilomètres de relevés sismiques réalisés, puis décrivent les diverses exigences techniques prévues pour les 20 prochaines années. Les efforts de l'industrie sont comparés aux dépenses fédérales; les chiffres de M. Appleton révèlent qu'en 1979, l'industrie a dépensé près de 400 millions de dollars en relevés sismiques et en forages, alors que le gouvernement fédéral n'engageait que des frais de l'ordre de 15 millions de dollars par année. MM. Meneley et Rayer soulignent que, compte tenu des problèmes particuliers que posent au Canada les eaux infestées de glaces, la géotechnique marine doit de toute urgence mettre au point de nouvelles techniques en eaux froides.

Le Comité fait remarquer que l'industrie pétrolière a dépensé plus de 3 milliards de dollars jusqu'à maintenant en études sismiques et en forages, à raison d'un tiers dans les Grands Lacs, un tiers sur la côte Est et un tiers dans la mer de Beaufort. On ne possède aucun chiffre quant aux besoins en spécialistes, mais la conception, la planification et la mise en oeuvre de ces entreprises sont largement tributaires des compétences qu'apportent les géologues, les géophysiciens et les ingénieurs. Le Comité endosse les conclusions de MM. Meneley et Rayer. Dans le futur immédiat, la demande de spécialistes du domaine géoscientifique marin au Canada sera étroitement liée aux besoins croissants de la recherche et de l'exploitation des ressources pétrolières au large des côtes. D'autres facteurs, moins évidents ceux-là, contribueront également à accroître la demande: il s'agit des

pénuries de minéraux, des problèmes environnementaux (notamment le climat), de la technologie, des droits de l'Homme et de la disparité entre les nations.

L'exploitation minière, le dragage et les perspectives d'avenir de l'exploration ailleurs que dans le secteur des hydrocarbures font l'objet de deux documents signés par M. D. Pasho. L'auteur ne prévoit qu'une légère augmentation de la demande de spécialistes du domaine géoscientifique marin dans ce secteur, sauf peut-être dans les travaux de dragage associés à l'activité pétrolière, où les besoins augmenteront de façon prononcée. En particulier, le dragage dans l'Arctique réclamera l'emploi de matériel spécial de grande capacité, capable d'exécuter les travaux désirés dans les délais imposés par la courte période d'eaux libres. M. Pasho prévoit également une augmentation de l'exploitation du sable et du gravier, suite aux pénuries observées par endroits sur la terre ferme. Il souligne également la possibilité d'un accroissement de l'exploitation des placers à mesure que les programmes d'inventaire de base exécutés par des organismes fédéraux permettront de circonscrire des zones d'intérêt.

La section Contrats et services d'experts-conseils regroupe des documents sur la géophysique aéroportée, les travaux réalisés dans les régions froides et sur la côte Ouest, la conception technique et le Projet des fonds marins.

Depuis nombre d'années, le Canada s'affirme comme un des chefs de file mondiaux dans le domaine de la géophysique aéroportée. M. N.R. Paterson signale que de vastes étendues du plateau continental du Canada ont été couvertes par des levés géophysiques aériens à la fin des années 60 et au début de la décennie suivante. Les données ainsi acquises se sont avérées particulièrement utiles à l'interprétation géologique générale de ces régions et ont joué un rôle important dans le démarrage des travaux d'exploration pétrolière. M. Paterson ajoute qu'il se fait très peu de travail actuellement. Cependant, les progrès accomplis dans la précision des instruments et des techniques d'interprétation, conjugués à l'amélioration de la navigation, devraient susciter un regain d'intérêt pour ces travaux. Selon M. Paterson, si l'on considère ces facteurs à la lumière des problèmes d'accès que posent les méthodes traditionnelles, en particulier dans l'Arctique, il y a tout lieu de croire que le niveau d'activité augmentera dans ce domaine.

Deux autres documents donnent un aperçu des services d'experts-conseils et des contrats exécutés, et exposent les perspectives d'avenir dans ce secteur. M. MacDonald considère que les contrats négociés en vue de travaux géoscientifiques en milieu marin diminuent sur la côte Ouest, et M. Clark juge extrêmement faible le niveau de recherche et de développement associé aux projets en eaux froides. Dans un deuxième document, M. Clark souligne l'importance de la recherche et du développement, qui permettent d'acquérir les connaissances géotechniques nécessaires aux études techniques et aux travaux de conception. Un des ouvrages de référence importants de ce document est le récent rapport du Groupe de travail sur la géotechnologie marine au Canada formé par le Comité associé du C.N.R.C. chargé de la recherche géotechnique. On prévoit que le niveau d'activité augmentera considérablement dans le domaine de la géotechnique marine, afin de répondre aux besoins de l'industrie pétrolière en matière de conceptions et de constructions réalisées au large des côtes.

Le compte rendu de M. R.W. Hutchins sur le "Projet des fonds marins" est inclus dans la section Industrie, étant donné que ce projet a été entrepris par le secteur industriel à la suite d'une proposition soumise au gouvernement sans sollicitation. Ce projet, qui représente un progrès technique unique, fait appel à la collaboration de scientifiques du gouvernement, de l'université et de l'industrie.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

En se basant sur son évaluation du contenu des divers documents et sur les opinions qu'il a formées au cours de la préparation du présent rapport, le Comité formule les observations et conclusions suivantes au sujet de l'état des sciences de la Terre en milieu marin au Canada.

Les raisons qui justifient la nécessité, au Canada, de cartographier et d'inventorier les ressources sur terre et de protéger l'environnement valent également pour le territoire que le Canada revendique au large de ses côtes. Le Canada se doit également de participer aux projets mondiaux en sciences de la Terre en milieu marin et à l'évaluation internationale des ressources en haute mer, tant pour le bien national que pour les avantages économiques et politiques que procure une association internationale. La recherche et l'exploitation des ressources en hydrocarbures sur le plateau continental et sur le talus continental, en particulier, sont considérées comme les principaux facteurs qui contribueront à accroître la demande pour des spécialistes du domaine géoscientifique marin au cours des dix prochaines années. Le Canada doit mettre au point les techniques voulues et acquérir des connaissances suffisantes pour être en mesure de répondre aux besoins prévus en ce qui concerne la mise en valeur des ressources au large des côtes et la protection de l'environnement connexe, sinon il lui faudra nécessairement importer les ressources très spécialisées dont il aura besoin. Le Canada aura alors laissé échapper l'occasion d'acquérir la compétence et l'expérience qui lui auraient permis de satisfaire ses propres besoins et de mettre au point ses techniques en vue de les exporter à des pays en voie de développement.

Les organismes gouvernementaux tels que la Commission géologique du Canada, la Direction de la physique du globe et le Service hydrographique du Canada contribuent directement au P.N.B., parce qu'ils assurent des services directement rattachés à l'exploration et à l'exploitation. Compte tenu de l'énorme contribution que ces organismes ont apportée jusqu'à maintenant, il ne faudrait pas que des mesures générales de restriction fiscale viennent saper les efforts de ces ministères, au moment où l'évaluation des ressources et de l'environnement vient s'ajouter aux rôles traditionnellement dévolus au gouvernement dans l'inventaire et la recherche. Les sommes d'argent que dépensent les gouvernements fédéral et provinciaux (environ 25 millions de dollars) pour exercer leur rôle de gestionnaire des ressources marines peuvent sembler énormes; toutefois, quand on considère le nombre de travaux requis, il est clair que ces dépenses sont nettement insuffisantes pour répondre à des besoins aussi diversifiés. Le gouvernement fédéral doit construire une flotte suffisante à l'entreprise de travaux scientifiques dans les eaux canadiennes, améliorer la qualité des instruments de recherche disponibles et se doter des ressources suffisantes pour répondre aux besoins croissants dans les domaines de la saisie des données, de la recherche et de la réglementation des terres au large des côtes.

Le problème du manque d'argent, de temps de navire et de matériel frappe également les universités canadiennes. Il n'existe au Canada aucun institut universitaire comparable au Lamont-Doherty Geological Observatory, au Woods Hole Oceanographic Institution ou encore au Scripps Institution of Oceanography. Bien que les travaux entrepris conjointement par le secteur universitaire et le gouvernement fédéral tentent de combler cette lacune, le fait que ces deux groupes oeuvrent vers des buts différents, pose certaines difficultés. En outre, aucune université canadienne ne se préoccupe suffisamment à la géotechnique marine. Sans la participation concrète des universités, les sciences de la Terre en milieu marin ne pourront fournir la recherche et les connaissances requises, en particulier dans les domaines appliqués de la mise en valeur des ressources.

On croit que la demande de travaux géoscientifiques marins au sein de l'industrie augmentera au cours de la prochaine décennie, notamment dans le secteur de la mise en valeur des ressources pétrolières. Il est donc nécessaire d'augmenter constamment le niveau des connaissances et de la recherche. Le secteur privé sera incapable de combler ses propres besoins sans le développement d'industries spécialisées (par exemple celle de la géotechnique marine). Or, ces industries ont besoin dès maintenant de l'appui des secteurs public et privé pour être disponibles au moment opportun, d'autant plus qu'on observe actuellement, une tendance à la baisse. L'aide apportée par le gouvernement fédéral sous forme de contrats ne devrait pas se limiter à la prestation de services "en laboratoire et sur le terrain" de deuxième ordre à des scientifiques du gouvernement, comme c'est en partie le cas présentement. Le gouvernement fédéral doit également faciliter l'accès du secteur privé à des services d'interprétation de qualité supérieure s'il veut que l'industrie scientifique canadienne et les entreprises de contrats techniques puissent se développer à temps pour assurer les services de mise en valeur des ressources au large des côtes dont le pays a besoin.

De nombreux défis importants et de nombreuses possibilités s'offrent aux sciences de la Terre en milieu marin au Canada. Entre autres:

- A. Le gouvernement fédéral peut s'attendre à de nouveaux défis et à de nouvelles possibilités en ce qui concerne le maintien et la mise au point continue des services techniques et de la main d'oeuvre spécialisée dont il aura besoin pour élargir la base de données sur les sciences de la Terre en milieu marin, étendre et approfondir les travaux de recherche et favoriser et réglementer la mise en valeur des ressources au large des côtes et la protection de l'environnement:
 1. Étant donné la hausse des coûts des combustibles, il sera impossible d'utiliser les navires de recherche autant que par le passé sans accroître sensiblement les crédits alloués à l'utilisation de ces véhicules.
 2. La flotte actuelle de navires de recherche a été conçue pour les travaux des années 60 et 70. Elle ne saurait répondre convenablement aux besoins plus nombreux, ni même exploiter les nouvelles possibilités qu'offriront les techniques des années 80 et 90.
 3. Le matériel issu des plus récents progrès techniques comme les systèmes sismiques à canaux multiples en eaux profondes, les instruments à balayage latéral à long rayon d'action, les dispositifs de carottage à piston hydraulique et les sondes remorquées en eaux profondes, permettra d'approfondir et d'accélérer les études dans le domaine au large des côtes, mais réclamera des mises de fonds importantes.
 4. Les travaux géoscientifiques en mer accomplis au sein du gouvernement fédéral sont répartis entre de nombreux organismes, ministères, sections, directions et divisions. Les efforts actuels de coordination sont dignes d'éloges, mais l'efficacité de la communication, de la collaboration et de l'intégration, que favoriserait la création d'un Comité interministériel des sciences de la Terre en milieu marin, rendrait possible une utilisation plus rentable de l'équipement et du personnel.
- B. L'augmentation des travaux du secteur privé dans les régions marines du Canada et conjuguée à la mise en valeur et au transport des ressources entraînant une demande de plus en plus grande pour des services dans les domaines géoscientifiques et géotechniques marins. De par les défis particuliers et les possibilités qu'elle ouvrira, cette demande favorisera la mise en place au Canada d'une industrie solide et efficace de recherche et de services

géoscientifiques et géotechniques en mer; toutefois, les gouvernements fédéral et provinciaux, le secteur privé et les universités devront déployer des efforts particuliers en vue de créer le climat propice dans lequel une industrie de ce genre puisse se développer avec suffisamment de rapidité pour satisfaire la demande prévue.

C. Le problème de satisfaire à la croissance de la demande de ressources spécialisées dans les domaines géoscientifiques et géotechnologiques marins représente un défi particulier pour les gouvernements fédéral et provinciaux, pour l'industrie et aussi pour les universités canadiennes. Pour répondre convenablement à cette demande, les universités canadiennes devront prendre de nouvelles initiatives pour établir les services universitaires et les installations de recherche appropriées et, pour cela, elles auront besoin de l'appui de l'industrie et des gouvernements. Le secteur privé et les universités devront peut-être collaborer pour établir des programmes de recherche et encourager les études supérieures dans les domaines géoscientifiques et géotechniques marins.

Le Comité est unanime à reconnaître que ces problèmes comptent parmi les plus importants, et qu'ils réclament une étude approfondie et une action immédiate. Reconnaisant ce besoin particulier et, de façon plus générale, la nécessité d'améliorer la communication, la collaboration et l'action collective entre les divers groupes qui s'intéressent aux domaines géoscientifiques et géotechniques marins au Canada, le Comité recommande la création, au sein du Conseil canadien des sciences de la Terre, d'un comité permanent des sciences de la Terre en milieu marin chargé de la surveillance des progrès en cours et des besoins futurs du Canada dans le domaine géoscientifique marin. Sa première tâche consisterait à étudier les problèmes relevés dans le rapport de 1980.

Le Comité regrouperait 12 à 15 membres issus, en nombre à peu près égal, des institutions suivantes:

1. Le gouvernement fédéral, y compris ses divers organismes, dont au moins un des membres siégerait aussi au Comité interministériel des sciences de la Terre en milieu marin également proposé.
2. Les gouvernements provinciaux, avec la provision qu'au moins un membre proviendrait de l'Ouest, du Centre et des régions maritimes.
3. Les universités, dont les membres représenteraient différentes universités sises dans différentes régions et, de préférence, différentes disciplines.
4. Le secteur privé, dont les représentants appartiendraient à l'industrie en général et à des associations industrielles reconnues telles par exemple l'Arctic Petroleum Operators Association (APOA), Eastcoast Petroleum Operators Association (EPOA), la Canadian Petroleum Association (CPA), et la Independent Petroleum Association of Canada (IPAC).

Des membres des quatre secteurs des sciences de la Terre en milieu marin canadiennes représentés au sein du Comité assureraient à tour de rôle la présidence. Il serait préférable, quoique non obligatoire, que les membres du Comité proviennent des sociétés et associations membres du Conseil canadien des sciences de la Terre. Les qualifications des candidats et la répartition des membres du Comité des sciences de la Terre en milieu marin du Conseil canadien des sciences de la Terre devraient également siéger au Comité canadien de l'océanographie, afin d'établir un contact officiel avec cet organisme.

L'application de cette recommandation facilitera le dialogue entre les scientifiques des gouvernements, des universités et du secteur privé, et permettra à chacun de mieux reconnaître les problèmes, les possibilités et les ressources des autres. L'image des sciences de la Terre en milieu marin au Canada s'en trouvera rehaussée aux yeux du public. Avantage plus important encore, elle fournira au Conseil canadien des sciences de la Terre un mécanisme qui lui permettra de préparer et de présenter des arguments bien documentés, de manière à aider les chercheurs oeuvrant dans le domaine géoscientifique marin à satisfaire les besoins de la prochaine décennie. En définitive, elle renforcera, intégrera et coordonnera les travaux accomplis dans le domaine géoscientifique marin au Canada, à la fois pour l'avancement de la science et pour le bien du pays.

2. INTRODUCTION

Le présent rapport rend compte de l'état actuel des sciences de la Terre appliquées aux régions marines du Canada et met l'accent sur les besoins futurs. À caractère non technique, il s'intéresse plutôt à la répartition, à l'ampleur et à la nature des activités géoscientifiques en mer pratiquées au Canada par les gouvernements, les universités et l'industrie.

Au Canada, la contribution des sciences de la Terre au large des côtes et dans les bassins océaniques a augmenté lentement depuis une trentaine d'années. Le souci des scientifiques de se vouer à la recherche à des fins purement individuelles est devenu une question de nécessité nationale en raison du fait que le Canada cherchait à établir sa souveraineté et à procéder à des travaux de cartographie, d'inventaire et de réglementation dans l'intérêt national. Le Canada a constitué un noyau regroupant un petit nombre d'excellents spécialistes du domaine géoscientifique marin à l'intérieur de la Fonction publique et des universités. Depuis 20 ans, l'industrie pétrolière a exploré le plateau continental au large des côtes du Canada. À cette activité ont collaboré un grand nombre de scientifiques et d'ingénieurs à l'emploi direct du secteur privé. Devant la demande de services gouvernementaux connexes exprimée par l'industrie et la nécessité de réglementer des activités qui se faisaient de plus en plus nombreuses, certaines organisations ont vu le jour au sein du gouvernement. Les universités ont été sollicitées pour entreprendre des recherches surtout orientées vers la solution de problèmes pratiques. Les récentes découvertes de réserves commerciales d'hydrocarbures ont suscité un regain d'intérêt pour le domaine géoscientifique marin, puisque les travaux d'exploration et de mise en valeur entrepris au large des côtes réclament de nouvelles techniques d'exploitation. En somme, le présent rapport indique l'état actuel des sciences de la Terre en milieu marin du point de vue des gouvernements, des universités et du secteur privé, et identifie quels seront les besoins futurs de ces sciences.

Le rapport se compose de trois principales sections (Gouvernement, Université et Industrie), précédées d'une introduction exposant le contexte physique des sciences de la Terre en milieu marin, l'état de la question de la souveraineté, les travaux réalisés et les perspectives d'avenir.

Dans cette brève introduction, M. G.E. Reinson présente des statistiques simples que le lecteur devra garder à l'esprit tout au long du rapport. Ainsi, on apprend que le Canada est le pays le plus pourvu en côtes, que les régions sous-marines représentent à peu près la moitié de la superficie de la partie terrestre du territoire canadien, que près de la moitié des régions sous-marines se trouvent dans des eaux semi-fermées et que 90 % de ces très vastes régions reposent sous des eaux infestées de glaces. L'immensité du territoire, la longueur du littoral et la nécessité de travailler dans des eaux couvertes de glaces sont des facteurs dominants qui mettent à l'épreuve les sciences de la Terre. M. Reinson, maintenant expert-conseil, a beaucoup travaillé au sein du gouvernement fédéral à l'étude des problèmes des côtes et des surfaces marines.

M. M.J. Keen présente sa perception personnelle des progrès accomplis dans le domaine géoscientifique marin au Canada. Il fait l'historique des travaux productifs réalisés par de petits groupes de gens: travaux dispersés au cours des années 20 et 30, fondation d'établissements universitaires au cours des années 40 et 50, augmentation de l'ampleur des projets gouvernementaux au cours des années 60 et 70 et

prolifération des travaux d'exploration pétrolière, à partir des années 50 aux succès actuels. M. Keen examine tour à tour les contributions du Canada à la compréhension de la tectonique globale, des bassins océaniques et des marges continentales et, plus particulièrement, à la connaissance de la géologie de ses plateaux et talus continentaux, où des progrès vraiment appréciables ont été accomplis sur le plan de l'interprétation. Il parle aussi des activités qui ont contribué à approfondir la connaissance des régimes côtiers et de la protection de l'environnement et cite des exemples notables de progrès accomplis dans le domaine des instruments, notamment l'utilisation de longue date d'ordinateurs de bord, l'emploi de la navigation par satellite dans les travaux scientifiques, la mise au point d'une foreuse pour sondages géologiques et l'utilisation du submersible **Pisces IV** en cartographie géologique. L'auteur attire également l'attention du lecteur sur les facteurs qui ont fait obstacle au développement des sciences de la Terre en milieu marin au Canada, par exemples les conflits politiques engendrés par la question de la propriété, les changements fréquents dans l'administration des ministères, la nécessité de formuler une politique nationale et internationale cohérente et le manque de ressources financières et humaines. Mais M. Keen considère surtout le facteur temps; il souligne que, malgré le jeune âge des sciences de la Terre en milieu marin au Canada, leurs débuts ont été fructueux et le travail accompli, excellent. Une quantité considérable de pétrole a été découverte et des mécanismes de protection de l'environnement ont été mis en place. Finalement, l'auteur aborde un point qui se situe au centre de la recommandation finale du présent rapport: il souligne l'éparpillement des efforts, la jeunesse des institutions participantes et le caractère éphémère des règlements.

M. G.E. Reinson décrit les activités géoscientifiques côtières, qui sont actuellement assez nombreuses au Canada, et explique pourquoi les zones côtières suscitent de plus en plus d'intérêt. Il convient de noter que les travailleurs des universités, des gouvernements et du secteur privé qui étudient les régimes côtiers au Canada ont commencé à coordonner et à organiser leurs efforts à la fin des années 70. Selon M. Reinson, la collaboration et le dialogue sont essentiels si l'on veut que les sciences de la Terre en milieu littoral conservent l'importance qu'elles ont aujourd'hui.

M. J. Harrison expose l'état actuel des questions de souveraineté et d'autorité, dont dépendront les futurs travaux de cartographie, d'inventaire, de réglementation, d'exploration et d'exploitation des régions au large des côtes au Canada. La juridiction sur les marges continentales du Canada est remise en cause, d'abord au pays, par suite surtout des découvertes de pétrole au large de Terre-Neuve, puis sur la scène internationale, en raison de l'imminence d'un règlement à la Conférence sur le Droit de la mer. Si les limites extérieures des eaux territoriales sont reculées, les sciences de la Terre en milieu marin seront de plus en plus appelées à fournir les données des bases nécessaires à la gestion des ressources vivantes et non vivantes de cet immense territoire. En même temps, la levée des incertitudes que soulèvent au pays les droits sur les ressources pétrolières au large des côtes aura des effets sur les travaux d'exploration de même que sur la demande de recherche et de connaissances dans les domaines appliqués des sciences de la Terre en milieu marin. M. Harrison est directeur exécutif de l'Institut canadien du droit des ressources et fait autorité en ce qui concerne la participation du Canada aux conférences sur le Droit de la mer.

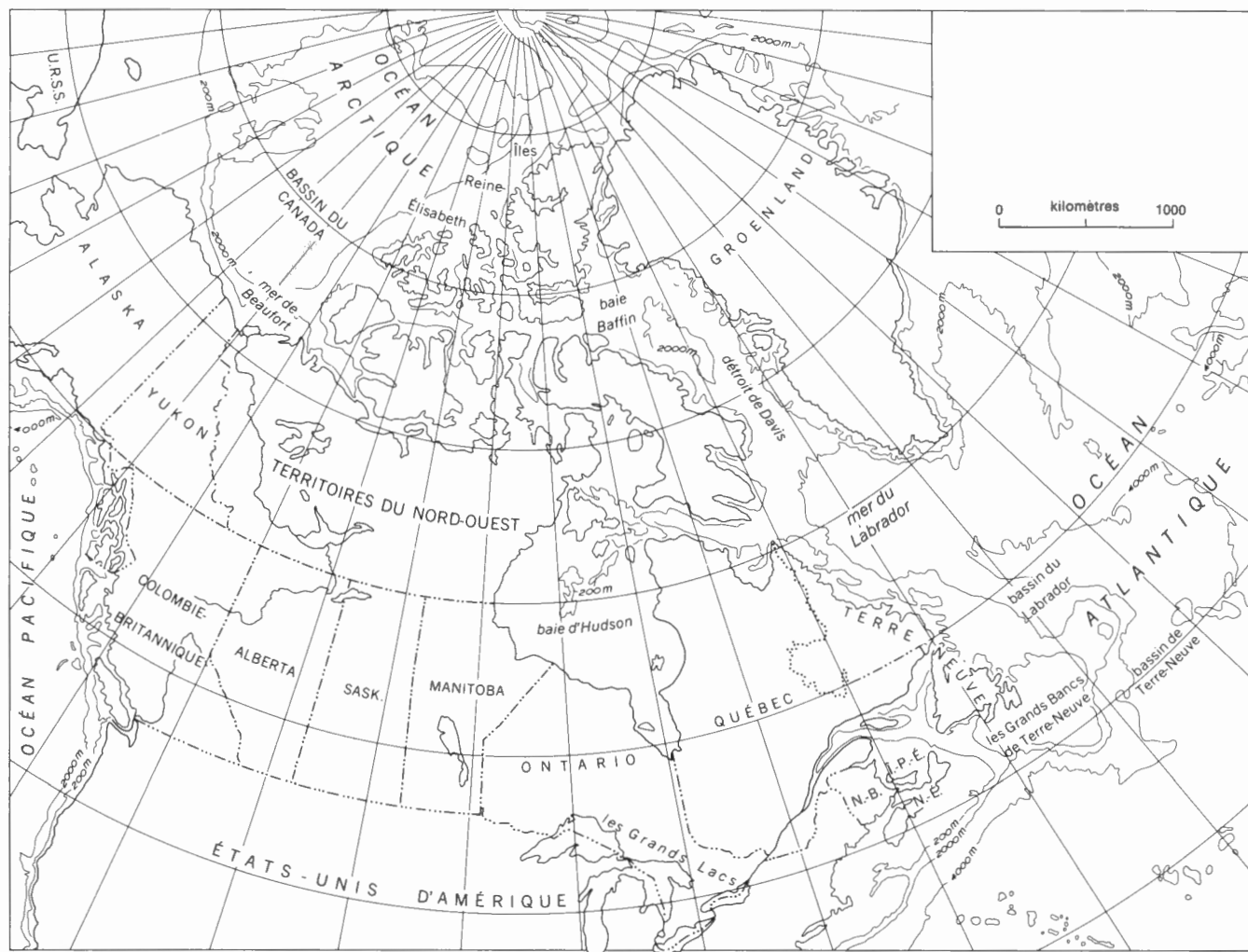


Figure 2.1. Régions océaniques adjacentes au Canada (d'après la carte n° 800, 1971, du Service hydrographique du Canada).

M. A.E. Pallister s'est beaucoup intéressé à la mer à titre de géophysicien; il siège à la haute direction d'une société de Calgary et est membre et administrateur du Conseil des sciences du Canada. Il est aussi un des principaux fondateurs du C-CORE (The Centre for Cold Ocean Resources Engineering) à l'Université Memorial. Dans le document qu'il a soumis, il s'intéresse uniquement au rôle des sciences de la Terre en milieu marin, au cours des dix prochaines années, dans la recherche et l'exploitation des hydrocarbures au large des côtes du Canada. Selon lui, les sciences de la Terre en milieu marin seront alors principalement axées sur les activités pétrolières. La nature et l'ampleur de cette contribution sont examinées plus en détail dans la section Industrie du présent rapport.

LES RÉGIONS MARINES DU CANADA – G.E. Reinson

Pour mieux se représenter l'immensité des régions marines du Canada (fig. 2.1), il faut retenir les statistiques suivantes. De tous les pays, le Canada est celui qui a le plus long littoral (tab. 2.1), soit près de 250 000 km. La superficie de ses plateaux continentaux s'élève à environ 1 354 000 km², et celle de ses talus continentaux, à quelque 1 457 000 km² (tab. 2.2). Le territoire canadien renferme

près de 2 220 000 km² de mers fermées (comme le golfe du Saint-Laurent, la baie d'Hudson, le détroit d'Hudson, l'archipel de l'Arctique), ce qui équivaut approximativement à la superficie de la Colombie-Britannique, de l'Alberta et de la Saskatchewan réunies. Les régions sous-marines du Canada, y compris les plateaux, les talus et les mers fermées, couvrent au total 5 031 000 km², soit l'équivalent de plus de 50 % de l'ensemble de la superficie totale des terres du Canada.

On peut diviser le milieu marin du Canada en trois grandes régions géographiques, à savoir la marge continentale du Pacifique, celle de l'Atlantique et celle de l'Arctique. Chacune d'entre elles présente des caractéristiques physiques distinctes qui sont régies par la combinaison de plusieurs facteurs géologiques, climatiques et océanographiques. Outre ses régions marines, le Canada a la chance de posséder le réseau des Grands Lacs, qui représente la plus vaste accumulation d'eau douce (245 000 km²) à la surface du globe.⁸ En effet, le réseau des Grands Lacs, dont le littoral du côté canadien couvre 15 000 km et où les profondeurs d'eau atteignent 400 m,⁸ présente des défis technologiques et scientifiques aussi excitants que ceux des océans et, à titre, devrait être inclus dans le domaine d'application des sciences de la Terre en milieu marin au Canada.

La marge continentale du Pacifique

La marge continentale du Pacifique (fig. 2.2), limitrophe à la Colombie-Britannique, se situe à la jonction des plaques du Pacifique et de l'Amérique.⁶ Sa situation se reflète dans la morphologie et dans la géologie du littoral ainsi que du plateau et du talus continentaux adjacents. La structure du littoral est déterminée et dominée par des montagnes et des fjords. L'abondance des inlets, des fjords et des îles qui s'y trouvent lui confère un aspect généralement accidenté et irrégulier, à l'exception de la petite plaine côtière du delta du fleuve Fraser. Le plateau continental est étroit et plonge brusquement suivant une ligne parallèle aux caps des îles Vancouver et Reine-Charlotte. À l'ouest des îles Reine-Charlotte, le bord du plateau est éloigné de la côte de seulement 6,4 km et descend brusquement jusqu'à une profondeur de plus de 1 000 m. Au large de l'île Vancouver, le bord du plateau se trouve à environ 32 km de la côte et le plateau atteint sa largeur maximale, soit 80 km, à l'entrée du détroit de Juan de Fuca.

Tableau 2.1. Longueur des côtes canadiennes (km)^{4 8}

CÔTE DU PACIFIQUE		25 717	(10,5 %)
Île Vancouver	3 496		
Îles Reine-Charlotte	2 623		
CÔTE DE L'ARCTIQUE		172 950	(70,9 %)
Îles Reine-Élisabeth	34 259		
Baie d'Hudson	13 348		
Île Baffin	28 302		
Île Ellesmere	10 747		
Île Victoria	7 089		
Île Devon	3 588		
Île Melville	3 107		
Île Axel-Heiberg	3 060		
Île Prince-de-Galles	2 576		
CÔTE DE L'ATLANTIQUE		45 369	(18,6 %)
Baie de Fundy	1 413		
Golfe Saint-Laurent	7 496		
Terre-Neuve (sans le Labrador)	13 656		
Île du Cap-Breton	1 883		
Île-du-Prince-Édouard	1 260		
TOTAL:		244 036 km	
Côtes au nord du Cercle polaire arctique		110 863	(45,4 %)
Longueur totale des côtes continentales		58 497	(24 %)
Longueur totale des côtes insulaires		185 539	(76 %)

Tableau 2.2. Superficie des principaux éléments physiographiques des marges continentales du Canada (km²)⁵

	PLATEAUX CONTINENTAUX	TALUS CONTINENTAUX	MERS FERMÉES
ATLANTIQUE	906 000	446 000	232 000
ARCTIQUE	347 000	950 000	1 988 000
PACIFIQUE	101 000	41 000	—
TOTAL	1 354 000	1 457 000	2 220 000

Sur la côte du Pacifique, l'amplitude moyenne de la marée varie de 2 à 5 m.³ Sur les côtes exposées, la surface de la mer se caractérise par une forte houle où la hauteur des vagues au large des côtes est supérieure à 1,5 m pendant 40 à 50 % de l'année, et supérieure à 3 m pendant 30 % de l'année.⁸ La glace de mer et la glace de rive fixée sont pour ainsi dire absentes le long de la marge du Pacifique, sauf à l'embouchure des baies et des fjords, où de petites accumulations de glace se manifestent souvent l'hiver.

La marge continentale de l'Atlantique

La région canadienne de l'Atlantique (fig. 2.3) s'étend de la frontière des États-Unis jusqu'au cap Chidley, dans le Nord du Labrador. La marge continentale de l'Atlantique présente une bonne stabilité tectonique par rapport à la marge du Pacifique et repose sur le "bord de fuite" du continent.⁷ Aussi, la marge de l'Atlantique est-elle assez large et en expansion, l'influence de la glaciation du Pléistocène et des processus sédimentaires du Mésozoïque et du Quaternaire y étant plus marquée que celle des processus purement tectoniques. La côte de l'Atlantique est longue d'environ 45 370 km (tab. 2.1) et dominée par des rivages rocheux à relief bas et glaciaire, découpés par de nombreux estuaires et baies dus à la structure de ce relief. Cette description générale de la physiographie côtière ne s'applique pas, cependant, à la partie nord du Labrador, côte à fjords montagneuse, au golfe Saint-Laurent, mer semi-fermée limitrophe à la plaine côtière des Maritimes, dont la côte présente de nombreux cordons littoraux sablonneux, et à la côte de la baie de Fundy, qui est dominée par de larges zones d'estran (tidal flats).

Le plateau continental de l'Atlantique a une profondeur généralement inférieure à 200 m et un faible gradient de 1/1 000. On peut le diviser en trois régions: le plateau de la Nouvelle-Écosse, les Grands Bancs et le plateau du Labrador.¹ Le plateau de la Nouvelle-Écosse a une largeur moyenne de 200 km, et son bord extérieur est longé d'une série discontinue de bancs sous-marins disséqués (entre 40 et 120 m sous le niveau de la mer). Il est séparé des Grands Bancs, qui se trouvent à l'est et au nord-est de Terre-Neuve, par le chenal Laurentien. Les Grands Bancs atteignent 480 km de largeur et 725 km de longueur. Au nord-est de Terre-Neuve, on observe un relief de 100 à 200 m sur le banc, et la rupture de pente du plateau se situe à une profondeur inhabituelle de 300 m. La partie sud du plateau du Labrador a jusqu'à 640 km de largeur et se caractérise par une surface ondulée dont la profondeur varie entre 80 et 250 m. La partie nord du plateau du Labrador n'a que 120 km de largeur environ et, à 250 m, la pente plonge brusquement. La partie nord du Labrador se caractérise par la présence d'une série de bancs larges et peu profonds (80 m), séparés de la côte par un chenal bordier qui atteint des profondeurs d'eau de 250 m ou plus.

On observe une large variation de l'amplitude de la marée à l'intérieur de la région côtière de l'Atlantique.³ L'amplitude moyenne, de 8 m au nord du Labrador, décroît à 1 ou 2 m le long de la côte extérieure de Terre-Neuve et du Labrador. Dans le golfe Saint-Laurent, elle est inférieure à 2 m, dans l'estuaire du Saint-Laurent, elle varie de 2, 3 à 4 m au niveau de la ville de Québec, et au haut dans la baie de Fundy, elle varie de 5 à 12 m. La région côtière de l'Atlantique se caractérise par des ondes de tempête, où l'on observe des hauteurs de vagues supérieures à 1,5 m pendant 40 à 50 % de l'année au large des côtes.⁸ Des packs et de la glace de rive se rencontrent pendant les mois d'hiver à proximité des côtes atlantiques, sauf au large

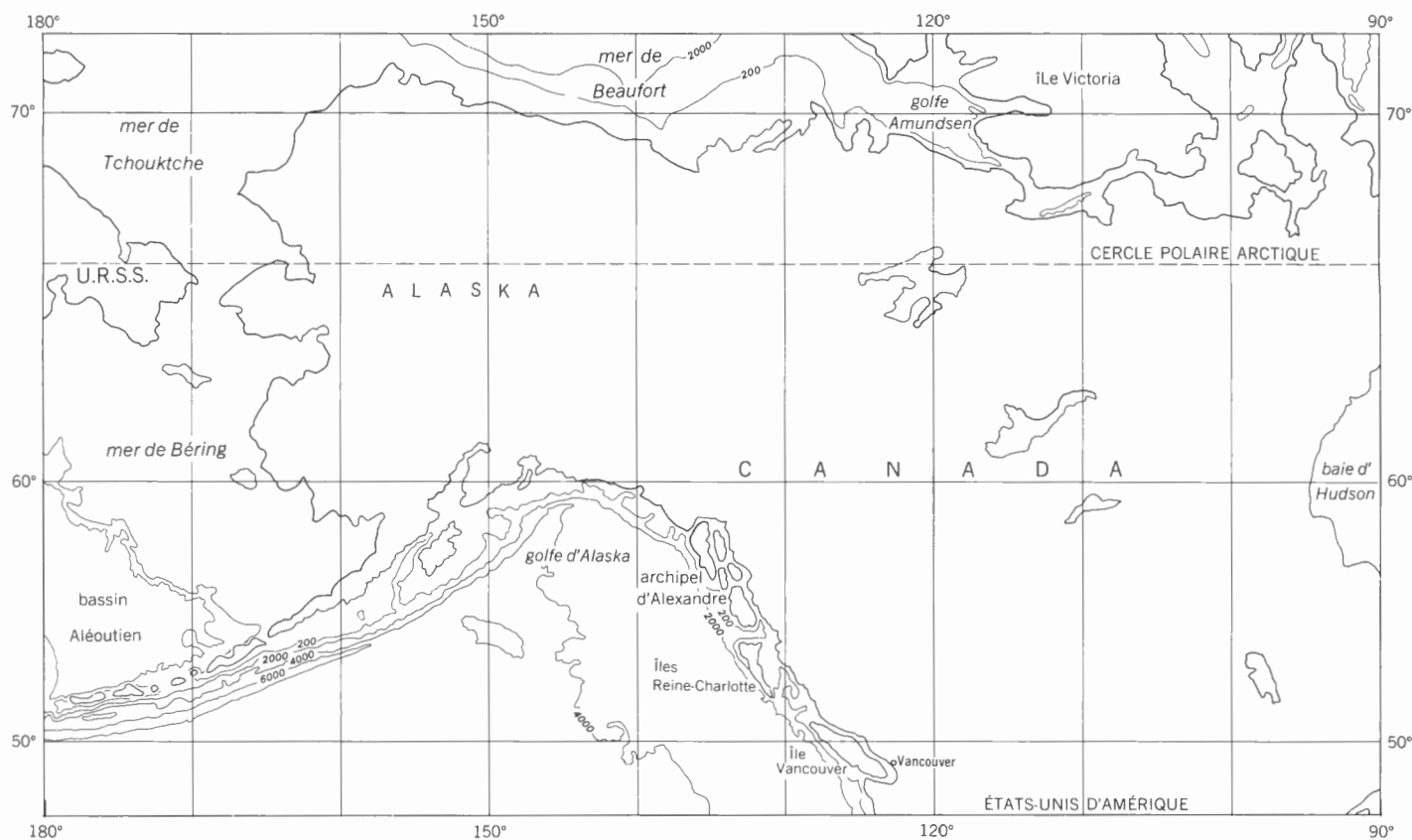


Figure 2.2. Régions océaniques adjacentes à l'Ouest du Canada (d'après la carte bathymétrique générale des océans (GEBCO) n° 5.03, 1979).

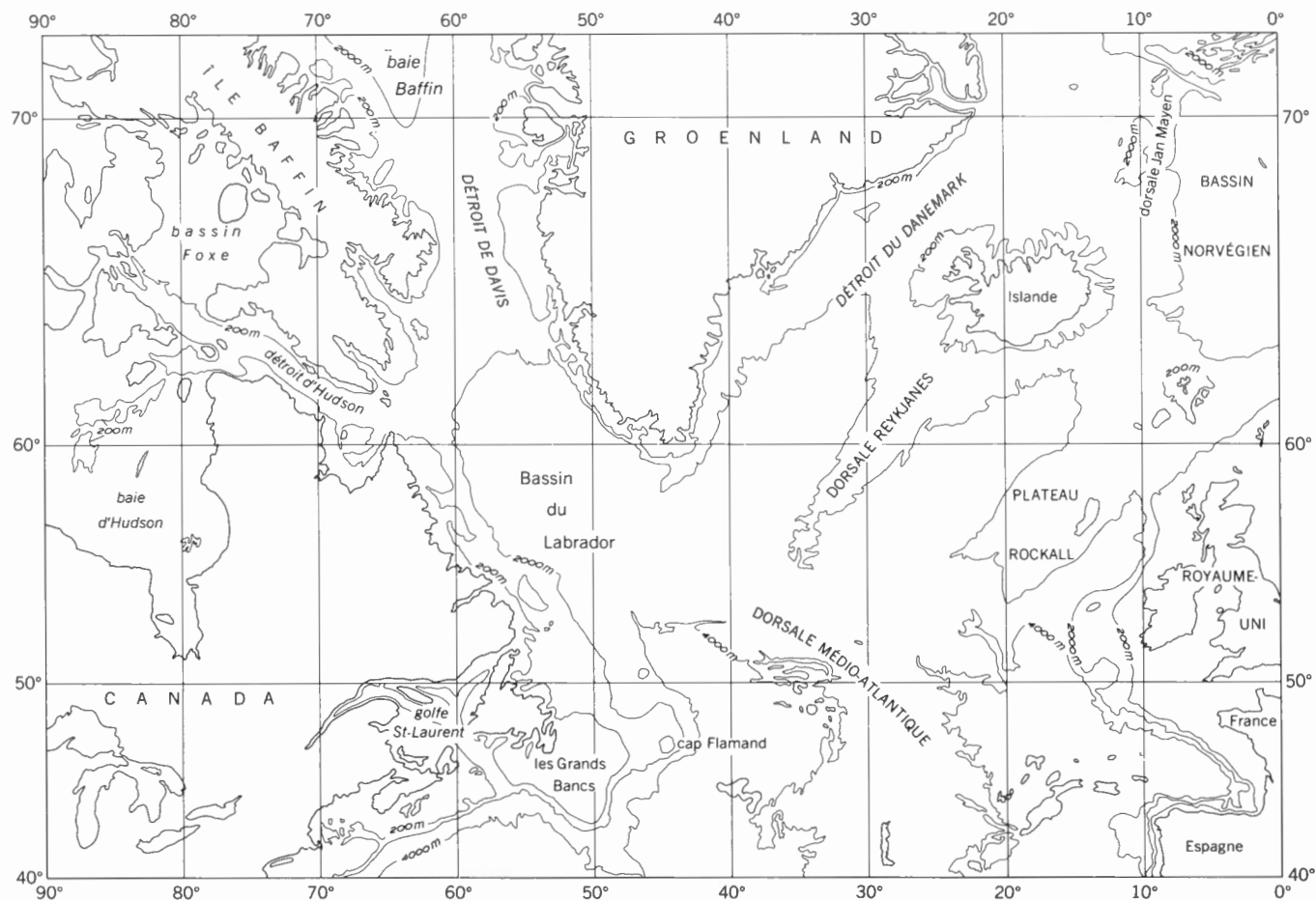


Figure 2.3. Régions océaniques adjacentes à l'Est du Canada (d'après la carte bathymétrique générale des océans (GEBCO) n°s 5.04 et 5.08, 1979).



Figure 2.4. Régions océaniques adjacentes au Nord du Canada (d'après la carte bathymétrique générale des océans (GEBCO) n° 5.17, 1979).

de la partie sud de la Nouvelle-Écosse.^{2 3 8} La glace de mer augmente à mesure que l'on se dirige vers le Nord; ainsi, à proximité des côtes, les eaux sont couvertes de glace fixée pendant une période annuelle pouvant aller jusqu'à quatre mois dans le golfe Saint-Laurent et jusqu'à sept mois dans le centre du Labrador. On observe des icebergs l'année durant au large du Labrador et du Nord de Terre-Neuve; ces icebergs prennent naissance dans la baie Baffin, dans la région du Groenland, et sont ensuite transportés vers le sud par le courant du Labrador.

La marge continentale de l'Arctique

La région marine de l'Arctique (fig. 2.4) part du détroit d'Hudson, se dirige vers le nord en passant par le détroit de Davis et la baie Baffin, puis bifurque vers l'ouest jusqu'à la frontière du Yukon et de l'Alaska. Elle englobe une vaste étendue de mers fermées, comme les baies d'Hudson et James et les zones comprises entre les îles de l'archipel Arctique. La côte de l'Arctique mesure près de 172 950 km, ce qui équivaut à presque 71 % de l'ensemble des côtes canadiennes (tabl. 2.1). Elle se compose d'une variété de rivages: côtes

d'accumulation non consolidées de bas relief (comme le delta du Mackenzie), côtes rocheuses de bas relief (comme les îles Victoria et Somerset) ou côtes à fjords montagneuses (comme la partie nord-est de l'île Baffin). Cette variation de la côte se rattache directement à des détails géologiques, comme les éléments morphologiques affichés par les marges sous-marines adjacentes. La plaine côtière de l'Arctique comprend le terrain qui borde l'océan Arctique entre l'île Meighen et l'Alaska, et se prolonge sous le niveau de la mer où elle fusionne avec le plateau continental de l'Arctique.¹ Au nord des îles Reine-Élisabeth, le plateau est large d'environ 130 à 190 km, et sa surface presque plane présente une légère pente dont le gradient est d'environ 2,3 m/km. Les chenaux interinsulaires rejoignent le plateau à 450 m de profondeur et, à 750 m, le plateau présente une rupture de pente prononcée et se transforme en un talus continental uniforme mais assez raide. Au nord du continent, le plateau de l'Arctique est moins profond, et la plaine côtière plonge dans la mer suivant la même inclinaison pour atteindre une profondeur de seulement 100 m à quelque 80 km de la côte. Là, le plateau se transforme en un talus continental irrégulier et disséqué qui descend brusquement dans les profondeurs de la mer de Beaufort.¹ Sous le détroit de Davis, au large de la côte est de l'île Baffin, le large plateau en pente atteint une profondeur de 600 m à quelque 160 km des côtes; là, le talus continental amorce une descente raide en direction du sud-est, pour atteindre des profondeurs de l'ordre de 3 000 m. En bordure de la côte nord-est de l'île Baffin, le plateau est extrêmement étroit (moins de 30 km de largeur) et présente une bordure sinueuse située à 200 m de profondeur; le talus en pente raide qui s'y rattache plonge dans le bassin de la baie Baffin, profond de 2 000 m.¹

L'amplitude moyenne de la marée varie de 7,3 m à la baie Frobisher et 3,4 m dans la baie d'Hudson, dans la partie sud-est de la région marine de l'Arctique, à moins de 0,5 m à Tuktoyaktuk, le long du littoral de la plaine côtière de l'Arctique.^{2 3 8} Les vagues y sont généralement très faibles, en raison de la faible longueur de leur course et aussi parce que la période d'eaux libres est extrêmement brève. Le détail prédominant de la région marine de l'Arctique est la présence constante de glace de mer et de glace de rive fixée qui neutralisent la génération des vagues et les processus littoraux pendant une bonne partie du temps. L'hiver et le printemps, une couverture de glace solide occupe toutes les eaux de l'archipel, tandis que le détroit de Lancaster, la baie Baffin, le détroit d'Hudson et la baie d'Hudson ne sont qu'àux trois quarts couverts. Dans les îles Reine-Élisabeth et sur le plateau continental adjacent de l'Arctique, il n'y a aucune période d'eaux libres certaines années.⁸

Les Grands Lacs

Les Grands Lacs chevauchent les confins du Bouclier précambrien et de la plate-forme du Saint-Laurent, leurs bassins s'étant formés suite à l'action érosive des glaces du Pléistocène.¹ Le littoral des Grands Lacs est dominé par des côtes rocheuses ou à falaises de bas relief (inférieur à 20 m) et, dans les lacs Érié et Ontario, les falaises construites dans des dépôts glaciaires non consolidés ont fourni les matériaux nécessaires à la création subséquente de plages le long des côtes nord.⁸ Les Grands Lacs n'ont pas de marée, mais sont suffisamment larges pour donner naissance à des vagues faibles dont les hauteurs atteignent 1,5 m pendant 20 ou 30 % de la période d'eaux libres. Les glaces se manifestent pendant trois ou quatre mois de l'année, mais il est rare que les lacs soient complètement gelés.⁸

La majeure partie du littoral du Canada se trouve dans la région arctique ou subarctique, et ses mers bordières sont couvertes ou infestées de glaces pendant au moins une partie de l'année. En outre, 44 % des eaux marines du Canada sont

concentrées à l'intérieur de l'archipel Arctique, ainsi que dans de larges baies et détroits semi-fermés. Ces deux facteurs, conjugués à la présence continue de glace et au fait qu'une bonne partie du domaine marin se trouve à l'intérieur de la masse terrestre du Canada, font qu'il est particulièrement difficile d'acquérir les ressources technologiques et scientifiques nécessaires pour réussir des programmes d'exploration et d'exploitation dans les régions sous-marines du Canada.

Parmi les défis que les Canadiens seront appelés à relever, figurent l'exploitation et la production des hydrocarbures liquides dans le gisement Hibernia des Grands Bancs et dans la mer de Beaufort, ainsi que la production et le transport du gaz naturel de l'extrême-Arctique sans porter atteinte à la qualité de l'environnement et à la rentabilité des ressources renouvelables de la mer. Comme la limite des eaux de pêche a été portée à 200 milles le 1^{er} janvier 1977, il est absolument essentiel, du double point de vue national et international, que le Canada s'efforce d'acquérir le maximum de connaissances dans le domaine géoscientifique marin.

LA MER ET LES SCIENCES DE LA TERRE: QUELQUES OBSERVATIONS SUR LES RÉALISATIONS CANADIENNES

— M.J. Keen

L'heureuse découverte du pétrole dans le gisement Hibernia P-15 en 1979 est une conséquence spectaculaire de l'élargissement des connaissances acquises sur les régions au large des côtes du Canada et les bassins océaniques limitrophes depuis 25 ans. Cette véritable éclosion de connaissances a débuté à la fin des années 50; jusque là, les travaux étaient demeurés plutôt sporadiques.

Dès 1835, des études sont entreprises au sujet des invertébrés marins modernes, certaines en association avec des recherches sur le Pléistocène.¹³⁶ Au XIX^e et au début du XX^e siècle, des scientifiques américains étudient des matériaux qui ont été récupérés par des pêcheurs ou qu'ils ont eux-mêmes sortis des eaux et arrivent à la conclusion que des roches sédimentaires du Tertiaire et du Crétacé se manifestent de Terre-Neuve à la Floride.^{19 118 126 127} La sédimentation dans le delta du fleuve Fraser est étudiée en 1921 dans le cadre de travaux qui ont pour but d'améliorer la navigation, et les résultats de ces recherches indiquent accessoirement qu'au cours des 60 années antérieures, le delta s'est avancé dans la mer à un rythme moyen d'environ 3 m par année.⁵⁴ En 1931, on propose l'idée d'une origine glaciaire du chenal Laurentien, et, en 1932, on décrit la bathymétrie et les caractéristiques d'échantillons de sédiments prélevés dans la mer du Labrador et la baie Baffin par suite de l'expédition "Marion" de la garde côtière américaine.¹⁰⁴ La récente étude sur la façon dont la rivière Horton a débouché dans la baie Franklin met à profit les observations de la côte de la partie ouest de l'Arctique faites lors de la deuxième expédition de Franklin.⁷⁵ L'Office de recherches sur les pêcheries, fondé en 1912 sous le nom de Biological Board of Canada,¹⁰³ semble avoir joué un rôle mineur dans la géologie marine au début du siècle mais, pendant les années 60 et 70, il a apporté à la géologie des contributions appréciables, en particulier à l'égard du golfe Saint-Laurent.⁷³

Donc, le rythme des recherches au large des côtes s'accélère au cours des années 50. L'Observatoire géologique de Lamont procède à des études de réfraction sismique au large de la Nouvelle-Écosse et sur les Grands Bancs et les résultats de ses travaux l'amènent à conclure que le plateau et le talus continentaux reposent sur d'épaisses couches de sédiments, analogues à ceux de la plaine côtière de l'est des États-Unis.^{89 98} M. Willmore et ses collègues de l'Observatoire du Dominion étudient l'île de Sable et la structure du golfe Saint-Laurent,¹³⁷ en se demandant si la forme circulaire de la côte méridionale de ce dernier ne

correspondrait pas à un cratère météorique. La bibliographie contient des ouvrages qui rendent compte de ces premiers travaux.^{15 26 61 80 83 85 112}

L'éclosion des connaissances en ce sujet s'est amorcée à la fin des années 50, mais peut-être les années 1958 à 1960 ont-elles été les plus importantes. En 1959, la Mobil Oil Canada Ltd. loue 0,5 million d'hectares de permis d'exploration autour de l'île de Sable, et des travaux d'exploration sismique sont entrepris pour le compte de la Richfield Oil au large de la côte Ouest. En 1960, des travaux sismiques commencent au large de la côte Est et dans la mer de Beaufort. Cette année-là, le Conseil national de recherches aide l'Université Dalhousie à fonder son Institut d'océanographie, comme celui qui avait été créé en 1949 à l'Université de la Colombie-Britannique. À l'époque, ces instituts étaient financés en grande partie par le Conseil national de recherches, et du temps de navire leur était accordé par des organismes fédéraux, entente qui s'est poursuivie jusqu'à aujourd'hui. En 1958, les sciences de la Terre profitaient de la fondation de l'Étude du plateau continental polaire. Le personnel scientifique et technique dont cette organisation disposait au début, puis les ressources qu'elle a acquises par la suite pour la recherche sur le terrain ont permis à l'Étude, comme aux personnes qui bénéficiaient de son appui, de réaliser d'importants travaux dans l'Arctique, sur terre et en mer,³⁹ au cours des années qui ont suivies.

La Commission géologique du Canada, grâce à l'initiative de M. L.W. Morley, entreprend en 1958 des levés aéromagnétiques au large des côtes, puis en 1959 des études en collaboration avec le Service hydrographique du Canada, magnétomètre en pouce.^{10 11} Ainsi s'établit une tradition qui se perpétuera de diverses façons jusqu'à aujourd'hui et qui permettra de produire, à différentes échelles, des cartes de potentiel et des cartes bathymétriques pour une assez grande partie du territoire au large des côtes canadiennes. Un peu plus tard, outre ces travaux réalisés à bord de navires, la Commission participe à des reconnaissances aéromagnétiques de la mer du Labrador et de la baie Baffin qui sont effectuées au moyen de l'avion North Star de l'Établissement aéronautique national.³¹

Le ministère des Mines et des Relevés techniques fonde l'Institut d'océanographie Bedford à Dartmouth en 1962, puis construit les navires **Hudson** (1963), **Dawson** (1967) et **Parizeau** (1967) qui viendront se joindre aux **Baffin**, **Kapusking**, **Acadia**, **Sackville** et **Maxwell**. S'il y a une personne à qui il faut rendre hommage ici, c'est bien M. W.E. Van Steenburgh. Tour à tour directeur général des services scientifiques et sous-ministre des Mines et des Relevés techniques, M. Steenburgh a su, au moment opportun, employer l'océanographie à autre chose que les pêches et la défense.

D'autres événements, certains antérieurs, d'autres postérieurs, sont manifestement importants: les premières études sismiques dans la baie d'Hudson en 1965 et le forage des premiers puits en mer sur les Grands Bancs en 1966, la fondation des instituts de Burlington et de la baie Patricia, la participation de la Direction de la physique du globe dans les travaux sismiques de l'Arctique et dans les travaux de gravimétrie en mer exécutés à cette époque par le Laboratoire océanographique de l'Atlantique à l'Institut océanographique de Bedford, l'exploration de la dorsale de l'Atlantique par l'Institut océanographique de Bedford, la formation des centres géoscientifiques de l'Atlantique et du Pacifique au ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, la participation de certains groupes de l'Université MacMaster, de l'Université de Toronto et de l'Université Memorial (comme le C-CORE et la faculté de génie), l'acquisition de compétences en géologie et en géophysique pétrolières par les organismes de réglementation comme la Direction de la gestion des ressources et le

ministère des Affaires indiennes et du Nord, et ainsi de suite. Les événements survenus à la toute fin des années 50 et au tout début des années 60 sont probablement les plus importants car l'impulsion qui a alors été donnée, le personnel engagé, les étudiants formés, les installations fournies et les concepts géologiques élaborés pour aider à comprendre le sous-sol marin et, par conséquent, faciliter la recherche d'hydrocarbures au large des côtes ont déterminé, pour le meilleur ou pour le pire, l'orientation future des travaux.

Réalisations

Contexte général

Quelques scientifiques canadiens ont joué un rôle de premier plan dans la révolution qui a abouti à la formulation de l'hypothèse de la tectonique des plaques à la fin des années 60. MM. L.W. Morley, A. Larochelle⁶⁷ et J. Tuzo Wilson, pour n'en nommer que trois, ont contribué à la compréhension de profils magnétiques observés dans les bassins océaniques et, dans le cas de Wilson, à la mise au point de la notion des failles de transformation, qui sert à vérifier l'hypothèse de l'expansion des fonds marins.¹³⁸ M. E. Irving a exercé une immense influence sur l'application du paléomagnétisme aux problèmes de la dérive des continents.

Par la suite, d'autres scientifiques, plus nombreux ceux-là, ont contribué à la meilleure compréhension des processus qui se déroulent sur les dorsales océaniques. En effet, l'étude de la dorsale de l'Atlantique⁷² a apporté de larges contributions dans divers domaines, comme en pétrologie et en pétrogénèse, en gravimétrie et en magnétisme, en sismologie et en thermodynamique, pour n'en citer que quelques-uns.^{4 5} On a vite mis en lumière le rôle des eaux marines dans l'altération de la croûte océanique, de même que ses effets concomitants sur la composition des océans, de sorte que cette interaction domine actuellement les opinions au sujet des gisements de minerais associés à la croûte océanique,^{29 32} à la thermodynamique des bassins océaniques et à l'ensemble du bilan thermique de la Terre. On a constaté que, sous l'Atlantique, le manteau est moins anisotrope dans ses vitesses sismiques que dans le Pacifique, et les structures de la croûte aux environs de la dorsale sont assez différentes de celles qui ont été proposées par d'autres chercheurs.⁵⁹

L'intérêt manifesté par les gens qui se livraient à ces études a mené le Canada à participer à un certain nombre de phases du Projet de forage des fonds marins (fig. 2.5), où on commencerait par soumettre la croûte océanique à un échantillonnage intensif; les efforts canadiens ont, en particulier, dominé la phase 37.^{4 49} Le mythe de l'aimantation de la croûte océanique, comme le voulait l'hypothèse de Vine-Matthews-Morley-Larochelle, a été complètement détruit, car l'aimantation des roches forcées n'obéissait à aucune loi simple. Les traces de ménisques de liquides dans des vésicules ont été utilisées pour étudier le degré d'inclinaison de la croûte océanique. Les écarts entre les vitesses de propagation dans la croûte déduites à partir d'observations sur la réfraction et les vitesses de propagation dans des roches récupérées ont été résolus.⁴⁹ D'autres programmes de forage ont eu lieu sur des îles océaniques, comme les Bermudes, les Açores et l'Islande. La prochaine étude est prévue pour 1982; un consortium international, dont fera partie le Canada, exécutera des forages dans des ophiolites sur l'île de Chypre afin de résoudre, entre autres choses, des questions ayant trait à des gisements de minerais et à leurs relations avec la croûte océanique.

Par suite des travaux exécutés sur le coin de sédiments de la marge continentale au large de sa côte est, le Canada a participé, dans le cadre du Projet de forage des fonds marins, à des travaux dans lesquels il s'est intéressé à l'évolution de l'Atlantique Nord, telle qu'indiquée par les roches

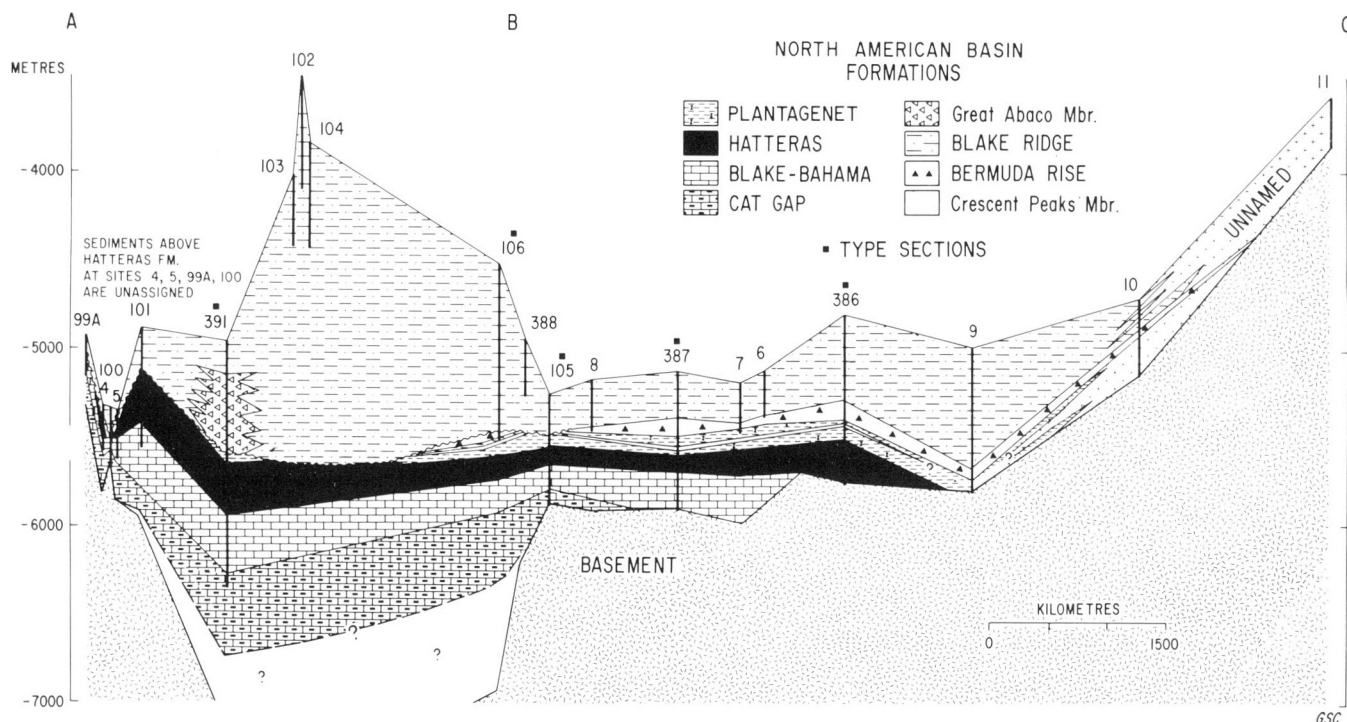


Figure 2.5. Coupe stratigraphique transversale du bassin nord-américain, à partir du littoral est de l'Amérique du Nord (gauche) jusqu'à la crête médio-atlantique (droite), d'après les données recueillies aux emplacements du projet de forage des fonds marins. Cat Gap: calcaires argileux, Oxfordien-Tithonien; Blake-Bahama: argile, Tithonien-Barrémien supérieur; Hatteras: argile et marne carbonifères de couleur noir, Barrémien-Cénomaniens(?); Plantagenet: argile indurée bigarrée, Cénomaniens-Paléocène (de Jansa, L. et coll., 1979, Maurice Ewing Series 3, *American Geophysical Union*, p. 1 à 57).

sédimentaires. Ce travail a permis de définir la lithostratigraphie et la biostratigraphie de la moitié ouest du fond marin de l'Atlantique Nord et de résoudre certains problèmes que posaient le niveau de compensation de la calcaire et la circulation dans l'océan au cours des âges.⁵²

Ces contributions ont surtout été apportées dans l'Atlantique. Une étude importante portant sur l'Est du Pacifique vient d'être réalisée par les chercheurs du Centre géoscientifique du Pacifique, de l'Université de la Colombie-Britannique et de l'Université de Waterloo.^{68 90} La variation temporelle des champs magnétiques a été mesurée sur les fonds océaniques à l'aide de magnétomètres de fonds marins. Ces observations ont permis d'interpréter la variation de la conductibilité électrique en fonction de la profondeur dans la croûte terrestre, sur des fonds marins d'âges différents.

Le troisième océan du Canada en importance est l'Arctique. Les Canadiens ont contribué de diverses façons à l'étude de cette mer, afin d'en comprendre la structure et l'évolution et, par le fait même, de comprendre les événements qui ont eu lieu sur la marge continentale de l'Arctique et sur les îles de l'Arctique.¹¹⁹ L'expédition bien connue de la crête Lomonosov (LOREX) a permis de définir la structure générale de cette dorsale et d'établir approximativement l'époque où elle s'est séparée du plateau de la Sibérie. La crête Nansen est actuellement le théâtre d'une expansion active des fonds marins dans le bassin de l'océan Arctique. La croûte sur laquelle elle repose, déjà soumise à un lent processus d'expansion, est très mince, phénomène qui semblerait indiquer qu'en règle générale, l'épaisseur des crêtes est liée à la vitesse d'expansion.⁵¹

Le Canada ne s'est pas associé au Projet de forage des fonds marins lorsque celui-ci est devenu la Phase internationale de forage océanique (International Phase of Ocean Drilling), le Conseil du Trésor du gouvernement du

Canada ayant refusé de consentir le million de dollars par année exigé. Un petit groupe de scientifiques a néanmoins apporté des contributions appréciables, à la fois en mer sur le **Challenger**, en laboratoire et au sein de divers comités de planification. Plus récemment, des Canadiens ont participé au forage de structures en forme de diapirs sur la marge continentale du Maroc et ont collaboré à la description des plus anciennes roches trouvées à ce jour dans le bassin océanique de l'océan Atlantique. Le Canada retire de nombreux avantages pratiques d'une participation internationale, et c'est pourquoi l'absence formelle (et financière) du Canada au sein de la Phase internationale de forage océanique est absurde.

Bassins océaniques contigus

Des scientifiques à l'emploi d'organismes fédéraux comme la Commission géologique du Canada, la Direction de la physique du globe, l'Étude du plateau continental polaire et l'Établissement aéronautique national du Conseil national de recherches du Canada, et à l'emploi d'universités comme Dalhousie, McGill et l'Université de la Colombie-Britannique, ont effectué des travaux dans ces bassins océaniques depuis environ 1964. Le travail qu'ils ont accompli peut être divisé en deux catégories: cartographie systématique et préliminaire d'une part, et travaux orientés vers l'étude des processus d'autre part. La cartographie systématique a eu pour objet principalement les potentiels gravimétrique et magnétique et la bathymétrie, les travaux de réflexion sismique à un seul canal ayant été proportionnellement moins nombreux. La cartographie en mer et à travers la glace a été exécutée en bonne partie en collaboration avec le Service hydrographique du Canada. Le choix des paramètres à mesurer dans les travaux exécutés en mer était une question d'équipement disponible et de concours de circonstances. On

possède des mesures magnétiques, gravimétriques et bathymétriques de bonne qualité pour certaines parties de l'Atlantique Ouest, au large de la côte Est du Canada, pour la baie d'Hudson, pour la mer du Labrador, pour des parties de l'Arctique et pour les régions au large de la côte Ouest du Canada. Il existe aussi des données de moindre qualité pour la baie Baffin, qui seront améliorées d'ici quelques années. Une des conséquences importantes des travaux de cartographie géophysique systématique est qu'ils ont permis d'améliorer constamment les normes de navigation à un coût relativement peu élevé.²⁴ La collaboration dans ce domaine entre plusieurs organismes fédéraux, le secteur privé et l'Université du Nouveau-Brunswick s'avère très fructueuse. Depuis tout récemment, on s'efforce d'utiliser le Système de positionnement mondial par satellite des États-Unis qui, une fois opérationnel et à la disposition des organismes civils, révolutionnera le positionnement en mer et sur terre. Ces travaux ne comportaient pas de levés sismiques multi-canaux systématiques.

L'assemblage de petites plaques océaniques au large de la côte Ouest du Canada a récemment fait l'objet d'études entreprises par des travailleurs du Centre géoscientifique du Pacifique à la baie Patricia et de l'Université de la Colombie-Britannique. Ces derniers ont mis en commun leurs diverses connaissances sur la pétrologie, la sismique-réfraction, la sismicité, la thermodynamique et d'autres disciplines géophysiques en vue de définir la géométrie de base des plaques et l'évolution de leurs interactions avec la plaque de l'Amérique du Nord.^{6 13 14 50 105 124 130} La nature océanique de la structure de la croûte de la baie Baffin a été démontrée,⁵⁷ ce qui a suscité une controverse dans l'interprétation des origines de cette baie, étant donné que les géologues soutiennent pour la plupart qu'il n'y a pas de preuves qu'un mouvement de rejet horizontal important se soit produit le long du détroit de Nares.^{22 57 117} Si la baie Baffin est simplement due à l'expansion des fonds marins, il est difficile de réfuter l'hypothèse d'un déplacement considérable le long du détroit. Des zones magnétiques ont été découvertes dans la mer du Labrador, et leur évolution expliquée en fonction de l'expansion des fonds de l'Atlantique.^{31 116}

Marges continentales

Les scientifiques canadiens peuvent se compter chanceux d'avoir pour objet d'étude des marges continentales qui présentent une aussi grande diversité de structures au large des côtes de l'Atlantique, de l'Arctique et du Pacifique.^{58 66 113 131} En ce qui concerne les marges de l'Atlantique et du Pacifique, il est probablement juste d'affirmer que l'on dispose d'hypothèses de travail valables et très générales sur l'origine et le développement des marges continentales, hypothèses qui servent d'ailleurs à vérifier et élargir les modèles. Au début, les travaux sismiques des universités et les résultats de l'interprétation des observations du champ magnétique effectuées par la Commission géologique du Canada ont incité le secteur privé à explorer les marges continentales au large de la côte Est.^{40 41 42 43 83} L'interprétation des observations du champ magnétique est d'ailleurs un des principaux facteurs qui ont encouragé l'exploration du plateau continental du Labrador et poussé la société Atlantic Richfield à prendre en concession une grande partie de la baie d'Hudson.

Près de 150 puits ont été forés au large de la côte Est, et les échantillons prélevés sont rendus publics après deux ans. C'est ainsi que de concert avec les renseignements susmentionnés, on dispose d'une bonne base de données pour décrire et modéliser le développement de la marge continentale. On a maintenant, en outre, accès à une grande quantité de données de réflexion sismique multi-canaux

recueillies par l'industrie. Il serait peut-être utile de donner un exemple du genre d'usage que font de cette information les scientifiques qui se penchent sur les problèmes de la côte Est.

La situation géologique du plateau de la Nouvelle-Écosse, des Grands Bancs et du plateau du Labrador a été définie par des scientifiques du secteur privé et du gouvernement au cours des années 70.^{25 30 35 53 81 83 84 99 112 120 125} Dans le cas du plateau de la Nouvelle-Écosse, il a été démontré que l'évolution géologique s'est produite de la façon que laissait présager la séparation de masses continentales accompagnée de la formation d'un vaste bassin océanique. Des puits ont été forés sur diverses structures, comme des dômes de sel; au début, le succès n'a été que partiel, à cause du manque de maturité des roches mères et, dans bien des cas, du confinement géographique des accumulations d'hydrocarbures. Le succès immense remporté plus récemment à Hibernia, dans le bassin de l'Est de Terre-Neuve, est attribuable à la présence de roches mères d'excellente qualité. Des études biostratigraphiques ont permis de situer les événements dans le temps et de retracer l'histoire de l'affaissement de la marge continentale.^{8 33} D'autres indications sur l'époque sont provenues des courbes d'anomalies magnétiques relevées dans les bassins océaniques contigus.^{7 116}

Afin de prévoir l'affaissement et l'évolution thermique, de façon à permettre la comparaison des prévisions et des observations recueillies, il faut d'abord connaître les propriétés physiques de la lithosphère.^{9 58} Les propriétés de la croûte peuvent être déduites des observations obtenues sur la marge continentale par le procédé de sismique-réfraction; cependant, l'étude du manteau terrestre sous-jacent exige le recours à des expériences dans les régions océaniques où la couverture sédimentaire est très mince. La structure complexe des marges continentales, dont les bassins sédimentaires sont parfois très profonds, présente un obstacle à l'étude du manteau terrestre au moyen d'expériences effectuées à même les marges continentales.

Cette approche a permis d'élaborer un modèle qui prévoit assez bien l'affaissement et l'histoire thermique (fig. 2.6) et qui peut être comparé à d'autres observations, comme les mesures du champ gravimétrique.^{9 56 58} Les travaux ont produit des résultats remarquables; ils ont recours à toutes les informations géologiques, géochimiques, paléontologiques et géophysiques obtenues, non seulement de la marge comme telle, mais aussi du continent d'une part et du bassin océanique d'autre part.

On peut citer de nombreux exemples intéressants. Ainsi, une maturation anormale des hydrocarbures a été relevée au-dessus d'un diapir de sel dans la zone Primrose, au large de la côte Est, observation à laquelle aucune explication quantitative n'a encore été apportée.¹⁰¹ On a découvert que d'importantes quantités d'hydrocarbures pouvaient être extraites de sédiments datant du Crétacé supérieur et du Tertiaire dans le delta du Mackenzie.^{97 114} Il s'agit là d'une curieuse découverte, parce que la matière organique est herbacée ou houilleuse, donc peu propice à la formation d'hydrocarbures, et aussi parce que, si on en juge par les valeurs de la réflectance de la vitrinite, les sédiments se trouvent à un stade de maturation thermique peu avancé. Après une analyse minutieuse, l'hypothèse a été émise selon laquelle la matière organique serait de la résine végétale (résinite); l'importance de cette découverte est qu'il est maintenant établi que certaines roches peuvent présenter un "bon potentiel" en hydrocarbures même si elles ont un degré de métamorphisme thermique peu élevé, hypothèse qui réfute les modèles classiques de la formation du pétrole et du gaz (fig. 2.7, 2.8).

La côte Ouest a donné lieu à des travaux excitants, mais d'un genre différent; à l'instar des travaux effectués sur la côte Est, là aussi, diverses disciplines et divers établissements ont été appelés à collaborer. La marge continentale du Pacifique contient une variété de terrains allochtones, comme Wrangellia et Alexander; si on en juge par l'information biostratigraphique et paléomagnétique disponible, on croit qu'ils proviennent de l'hémisphère Sud.^{86 130} On pense aussi que la réunion des terrains Wrangellia et Alexander a eu lieu il y a quelque 140 millions d'années et que les deux terrains, ainsi amalgamés, ont été intégrés à la Cordillère nord-américaine à la fin du Crétacé ou au début du Tertiaire. Une large faille se serait également produite dans le détroit de la Reine-Charlotte à la fin du Tertiaire et aurait entraîné la formation du bassin de la Reine-Charlotte, région importante pour les futurs travaux de recherche d'hydrocarbures.

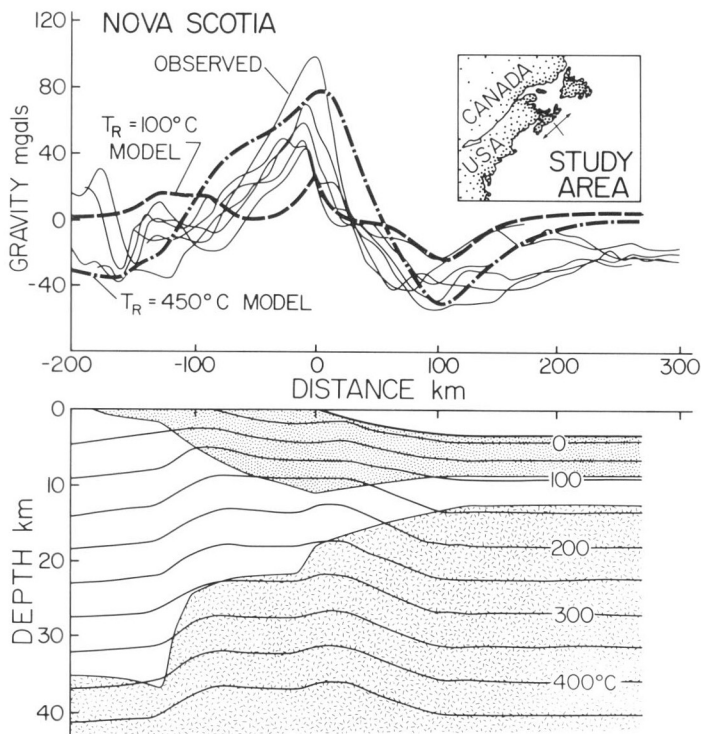


Figure 2.6. Un modèle thermo-mécanique de l'évolution des marges continentales de type atlantique. Ci-haut: anomalies gravimétriques à l'air libre observées (lignes solides minces) et calculées (grandes lignes brisées) sur la marge continentale de la Nouvelle-Ecosse. Six profils observés, à partir de différents emplacements le long de la marge, sont indiqués de manière à montrer la variabilité du caractère des anomalies. La carte en cartouche indique les limites de la marge et la position de la coupe transversale. L'emplacement où les six profils ont été observés est indiqué par les flèches. Ci-bas: structure de la croûte et isothermes prédits par le modèle $T_R = 100^\circ\text{C}$ pour le temps présent. Les réseaux de points et de lignes indiquent respectivement les sédiments et le manteau. Les isothermes sont indiqués à des intervalles de 50°C . La distorsion causée par la faible conductivité des sédiments est à noter et le fait que l'isotherme 0°C ne coïncide pas exactement avec le fond marin, étant donné que les sédiments déposés à 0°C au cours de la dernière période n'ont pas encore atteint un équilibre thermique (tiré de Keen, C.E., Beaumont, C. et Boutilier R., 1981, *Oceanologica Acta*, p. 123 à 128).

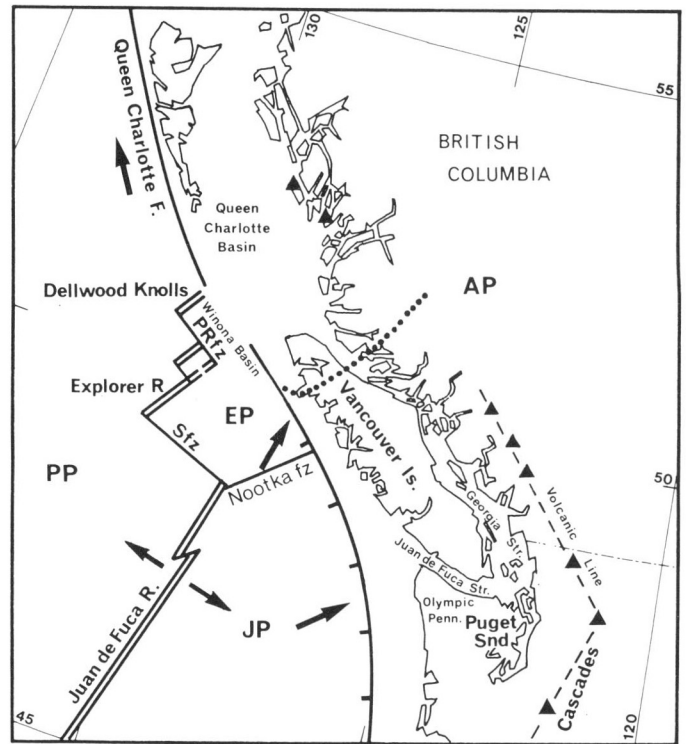


Figure 2.7. Les plaques lithosphériques au large de l'Ouest du Canada. La carte tectonique de l'Ouest du Canada indique les principales limites des plaques lithosphériques et les déplacements relatifs de ces plaques. Le pointillé indique la limite nord de la plaque Juan de Fuca. PRfz = zone transformante Paul Revere; Sfz = zone transformante Sovanco; PP = plaque du Pacifique; EP = plaque Explorer; JP = plaque Juan de Fuca; AP = plaque américaine (tiré de Keen, C.E. et Hyndman, R.D., 1979, *Canadian Journal of Earth Sciences*, vol. 16, p. 712 à 747).

Un des principaux problèmes est la pénurie de données sismiques multi-canaux disponibles à des coûts raisonnables. Les données de l'industrie sont diffusées deux ans après l'abandon des terres; or, (a) les "terres" les plus intéressantes sont rarement abandonnées et (b) il s'écoule souvent 10 à 15 ans entre le moment où les données sismiques sont acquises et le moment où elles sont libérées de leur statut confidentiel, de sorte qu'à l'époque de leur diffusion, les données sont déjà, en bonne partie, périmées. De façon générale, il n'entre pas dans le mandat des établissements gouvernementaux et universitaires d'obtenir des données sismiques multi-canaux par leurs propres moyens ou par contrats, et le coût d'achat des données recueillies au cours de levés de participation est élevé. Autrement dit, les seuls scientifiques qui ont eu accès à un volume appréciable de cette information sont les géologues et géophysiciens à l'emploi des sociétés privées, ainsi que les spécialistes des gouvernements qui utilisent des données de l'industrie, à titre confidentiel, pour établir des estimations des ressources en hydrocarbures. Donc, les scientifiques qui étudient les marges continentales ont dû s'accommoder d'une base de données insuffisante, l'accès à l'information étant, jusqu'à dernièrement, restreint à un petit nombre, empêchant du même fait l'apport de connaissances qui auraient pu être mises à profit. En vertu de la loi C-48 nouvellement décrétée, les données de l'industrie seront désormais rendues publiques après cinq ans ou au moment de l'abandon des terres. Cela constitue un progrès net, mais les

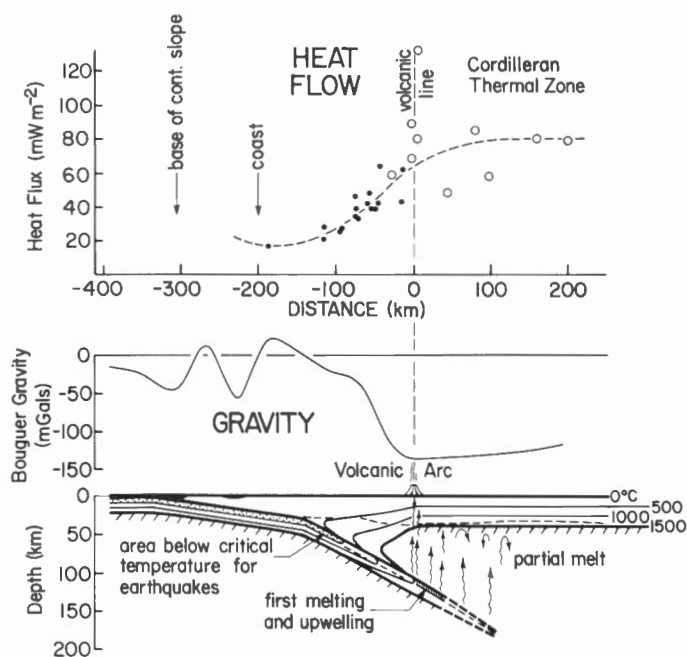


Figure 2.8. Flux thermique et structure des sols, du Pacifique est jusqu'à la Colombie-Britannique. Valeurs du flux thermique dans le sud-ouest de la Colombie-Britannique et distance à partir de la chaîne volcanique, profil gravimétrique et coupe transversale schématisée. Les cercles indiquent les valeurs du flux thermique des trous de sonde. Les points représentent les valeurs obtenues dans les baies profondes, au moyen de la technique des sondes océaniques. Dans la coupe transversale, la ligne pointillée représente la base de la croûte terrestre (tiré de Keen, C.E. and Hyndman, R.D., 1979, *Canadian Journal of Earth Sciences*, vol. 16, p. 712 à 747).

établissements gouvernements et universitaires seront encore aux prises avec un problème d'argent qui les empêchera de constituer une banque de données publiques; comme par le passé, ils auront beaucoup de données pour les régions qui intéressent directement l'industrie, mais peu pour les régions adjacentes qui, même si elles ne présentent aucun intérêt commercial immédiat, peuvent aider à comprendre l'évolution des marges continentales.

Depuis 1974, on n'accorde pas de crédit de travail pour l'acquisition de données sismiques sur les Terres du Canada si les données ne sont pas traitées au Canada. En conséquence, Calgary est actuellement le deuxième centre de traitement de données sismiques en importance dans le monde. Désormais, l'Administration du pétrole et du gaz des Terres du Canada examinera de près le contenu canadien de tous les programmes sismiques, de sorte que le Canada pourra mettre sur pied sa propre industrie de recherches sismiques en mer.

Bassins sédimentaires

Certaines parties des plus vieux bassins sédimentaires, comme la baie d'Hudson et le golfe du Saint-Laurent, et des plus anciennes orogénies, comme les Appalaches, sont recouvertes d'eau. On les étudie pour diverses raisons.

La partie des Appalaches située au nord-est de Terre-Neuve fournit des indices qui permettent d'intégrer l'océan Atlantique dans les reconstructions d'avant la dérive des continents; la cartographie et l'interprétation de la roche en place, ainsi que des champs gravimétriques et magnétiques en mer ont joué un rôle important dans ce travail.^{37 69 108} Comme ils sont recouverts d'eau, le golfe

Saint-Laurent, les Appalaches et la baie d'Hudson constituaient des cibles tout indiquées pour des études sismiques de la croûte, dans lesquelles les ondes sismiques étaient engendrées par des explosions déclenchées sur des navires, les récepteurs étant installés dans des stations terrestres.^{20 106}

Au début des années 60, la baie d'Hudson n'était pas considérée comme une région d'exploration particulièrement intéressante, parce que l'on croyait que les couches de sédiments paléozoïques sous-jacents étaient minces.¹⁰⁷ Cependant, l'interprétation des observations du champ magnétique a donné à penser que le bassin pourrait en fait avoir 3 000 m de profondeur,^{41 42} hypothèse solidement étayée par la présence de courtes lignes de réfraction associées aux longues lignes de la croûte dont il vient d'être question.³⁸ Après des études sur les anomalies magnétiques, l'industrie a entrepris en 1965 des travaux sismiques dans la baie.

Plateau et talus continentaux: sédiments et roche en place du Quaternaire

La cartographie des sédiments et de la roche en place d'une bonne partie du plateau continental a permis au Canada de réaliser des progrès importants^{27 62 63 65 76 77} comme la mise au point d'une méthodologie conçue afin de déterminer la nature de la stratigraphie et de la structure des roches gisant à une faible profondeur sous la surface et pour mener à une meilleure compréhension des milieux de dépôt des sédiments de surface non consolidés. Les travaux ont été entrepris sur le plateau de la Nouvelle-Écosse (fig. 2.9, 2.10) à l'aide des échogrammes et des échantillons de fonds marins qui avaient été obtenus au cours de levés hydrographiques; les échogrammes assuraient en quelque sorte la "télédétection" des types de sédiments. Cette activité s'est révélée, aux yeux des scientifiques, intéressante et utile de diverses façons. En effet, elle a permis de mettre au point des instruments comme des sondes sismiques, à pouvoir séparateur élevé, remorquées en eaux profondes, d'exécuter la caractérisation quantitative des sédiments, d'apporter des améliorations à la navigation et de résoudre de nombreux problèmes pratiques. Ceux-ci sont variés: installation de pipelines, délimitation de nouveaux gisements de charbon au large du Cap-Breton, approvisionnement en sables siliceux, approvisionnement en agrégats pour les installations au large des côtes, action érosive de la glace de mer et des icebergs et, de façon générale, mise en valeur ordonnée des ressources en hydrocarbures. D'un point de vue scientifique, ces travaux ont contribué à mieux faire comprendre les processus sédimentaires à l'oeuvre sur les plateaux autrefois glaciaires, des hautes altitudes et les relations climatiques qui existaient au Pléistocène entre la terre, le plateau et la mer libre.¹²⁸ Récemment, dans le cadre d'un travail multidisciplinaire important, on a utilisé des estimations du niveau de la mer relatif, post-glaciaire, afin de distinguer des modèles extrêmes de la répartition des glaces à la fin du Wisconsinien, en calculant le comportement de la Terre sous l'effet des charges de glace présumées.¹⁰⁰

Il existe plusieurs lacunes dans les travaux accomplis sur les plateaux et les talus continentaux. Par exemple, trop peu d'attention a été accordée, jusqu'à récemment, à la dynamique des sédiments au delà du régime côtier. En pratique, cette considération est importante sur les plateaux dominés par de fortes tempêtes si l'on envisage la construction d'installations sur les fonds marins. La géologie de la surface et de la roche en place des chenaux des îles de l'Arctique est encore mal comprise. Bon nombre des universités et des organismes gouvernementaux ne se sont pas suffisamment préoccupés de la géologie appliquée en milieu marin. On ne dispose que de peu de renseignements sur les sédiments et les processus sédimentaires des talus

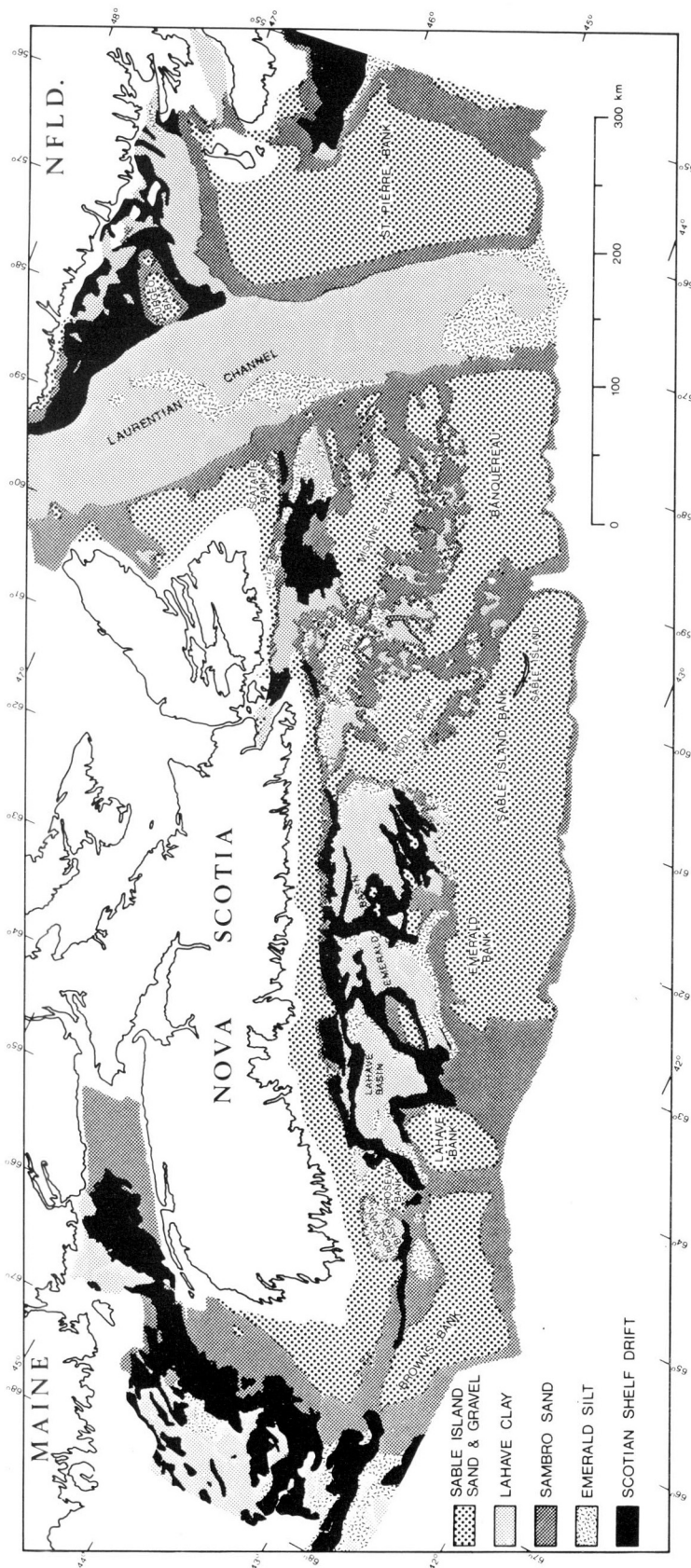


Figure 2.9. Géologie de la surface du plateau de la Nouvelle-Ecosse et des régions adjacentes, indiquant la répartition des unités litho-stratigraphiques (tiré de King, L.H., 1979, *International Conference on Offshore Site Investigations*, Society for Underwater Technology, Londres, Angleterre).

continentaux. Un certain nombre de Canadiens ont apporté leur contribution à l'étude des cônes alluviaux d'eaux profondes et des dépôts de courant de turbidité modernes,⁸⁸ mais cela ne saurait suffire à résoudre les problèmes pratiques qui se posent dans l'exploration et la production en eaux profondes au large des plateaux. La Shell Canada Resources Ltd. envisage de forer quatre puits sous-marins de 1 900 à 2 000 m au cours des deux prochaines années. Des scientifiques canadiens sont en mesure d'aider l'industrie à résoudre certains de ses problèmes dans plusieurs zones du plateau et de veiller aux intérêts du gouvernement en ce qui concerne la mise en valeur ordonnée des ressources et la protection de l'environnement. Or, cela s'avérera difficile à réaliser sur les talus continentaux sans une accélération des travaux dans ce secteur.

Régime côtier

Les grandes contributions apportées aux études géologiques du régime côtier sont peut-être de deux ordres.⁷⁹ Beaucoup d'entre elles sont attribuables aux détails uniques de l'énorme littoral canadien; il suffit de mentionner les régimes de marées hautes dans la baie de Fundy,² les régimes du gel dans l'Arctique^{71 122 123} et l'activité tectonique de la marge continentale de la Colombie-Britannique, caractérisée par une géographie complexe d'îles et de fjords et par la présence de fortes vagues. D'autres, en particulier celles qui se sont intéressées aux interactions des vagues et des plages, ne doivent rien aux particularités de la région qui a servi de laboratoire.

Les études régionales des régimes côtiers du Canada ont été essentielles à la création d'une base de données descriptive et à la mise en place d'une méthodologie.^{91 92} Les connaissances recueillies sur la plupart des côtes canadiennes et les techniques assez éprouvées qui peuvent être utilisées pour les décrire rapidement et rendre compte des observations dans un langage compréhensible ont eu une grande importance pratique dans tous les progrès industriels anciens et actuels.⁸² Suivent quelques exemples simples et pratiques des questions auxquelles s'adresse cette base d'information: À quelle fréquence devrait-on procéder au dragage ou au levé de l'embouchure d'un port? Si un navire pétrolier, comme le *Arrow*, laissait échapper du pétrole en mer, quelles plages faudrait-il protéger?¹² Quelles méthodes de construction devrait-on utiliser pour amener des pipelines sur les côtes de l'Arctique?^{122 123} Au sujet de la concurrence dans l'utilisation du littoral, serait-il préférable d'utiliser un inlet de la Colombie-Britannique comme entrepôt de réservoirs de pétrole ou comme centre de yachting? D'excellentes études ont été réalisées au sujet des estuaires et des côtes de la Colombie-Britannique; elles auront beaucoup d'influence sur l'utilisation future du littoral.¹⁶

L'information sur la géomorphologie côtière et la protection du rivage fait partie intégrante de tout programme de lutte contre les déversements de pétrole que l'on demande à

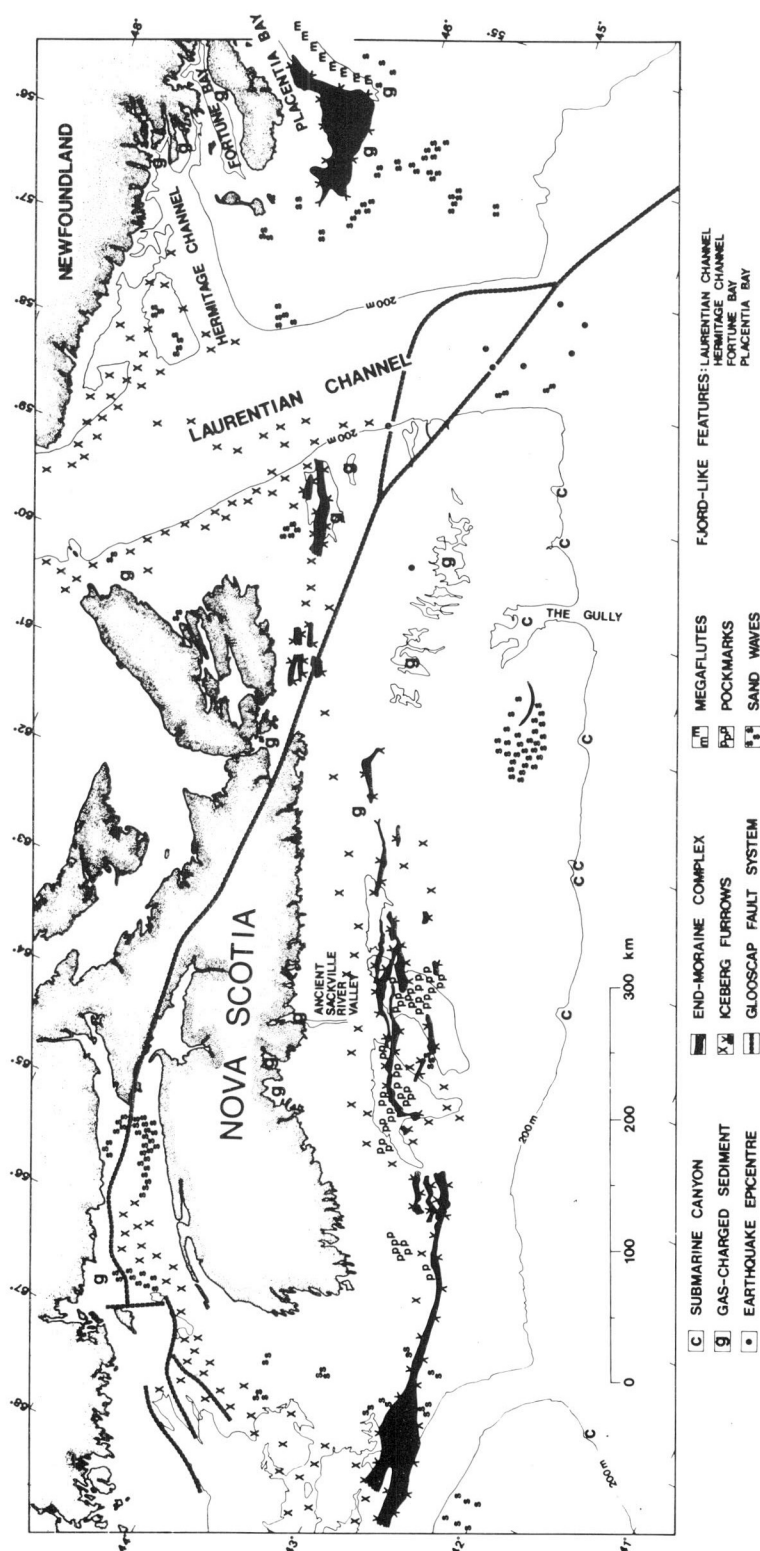


Figure 2.10. Répartition des éléments et caractéristiques géologiques du plateau de la Nouvelle-Ecosse et des régions adjacentes qui sont importantes dans les études techniques (tiré de King, L.H., 1979, *International Conference on Offshore Site Investigations*, Society for Underwater Technology, Londres, Angleterre).

un exploitant d'établir avant d'approuver un programme de forage au large des côtes. On en a aussi besoin dans la phase initiale de l'évaluation environnementale ou la déclaration sur les effets environnementaux soumis en vue de travaux d'exploration et de mise en valeur régionales; le plateau du Labrador (Petro-Canada), l'île de Sable et Hibernia (Mobil) comptent parmi les exemples récents.

Plusieurs études de la région côtière ont été réalisées à cause du caractère vraiment particulier d'un détail donné. La baie de Fundy est un laboratoire naturel pour l'étude des macro-régimes de marée;^{2 21} aussi, les études revêtent un intérêt scientifique mondial et pourraient même avoir des conséquences pratiques directes si jamais, par exemple, on construisait une centrale marémotrice. Les conséquences pratiques indirectes sont déjà importantes, notamment l'apprentissage de la façon d'utiliser des images prises par satellite pour étudier les bilans sédimentaires des estuaires où les phénomènes se modifient rapidement dans le temps et où les techniques d'échantillonnage classiques ne suffisent pas.¹ L'étude des côtes de l'Arctique dominées par les glaces peut avoir des conséquences importantes pour les terminaux portuaires, les croisements de pipelines et d'autres constructions techniques semblables.^{122 123}

L'élimination des résidus miniers posent des problèmes dans certains fjords de la Colombie-Britannique.¹²¹ Des enseignants et diplômés de l'Université de la Colombie-Britannique ont effectué des études poussées sur les turbidites dans des fjords en employant de nouvelles techniques acoustiques et une équipe du Centre géoscientifique du Pacifique et du Coastal Studies Institute de Bâton-Rouge (Louisiane) a récemment utilisé un sonar à balayage latéral à affichage numérique pour délimiter de gros glissements dans les fjords. L'étude des barrières insulaires du golfe Saint-Laurent a permis d'élaborer d'excellents modèles de faciès,^{78 102} qui fournissent le complément indispensable aux modèles élaborés à la suite d'études effectuées aux moyennes et basses latitudes des États-Unis.

On compte parmi les excellents exemples de ce deuxième type de travail, les études réalisées par certains universitaires au sujet des processus et des vagues qui façonnent les plages dans le régime côtier.^{10 36 47} Ces travaux s'avèrent difficiles, et du point de vue technique en raison de l'ampleur des phénomènes et de la violence de la zone des brisants, et du point de vue théorique, peut-être même intraitable pour l'instant, parce que la physique de la turbulence est mal comprise. Cependant, de nombreux progrès ont été faits dans la qualité des instruments et dans la compréhension des

processus côtiers comme, par exemple, le rôle des vagues transversales et du comportement des plages dans le cadre d'un système dynamique.

Arctique

Des auteurs font évidemment allusion à l'Arctique dans d'autres parties du présent rapport, mais il faut néanmoins, au risque de répéter, lui accorder une attention particulière en raison de l'importance de cette région au Canada. En effet, il a déjà été question du fait que la formation de l'Étude du plateau continental polaire en 1958 et la décision de l'industrie de s'engager dans des travaux d'exploration au large des côtes ont été des facteurs déterminants du développement des sciences de la Terre en milieu marin au Canada. Les entreprises ont exploré massivement l'Arctique à la fin des années 60 et au cours des années 70, à la suite des découvertes réalisées à la baie Prudhoe et à la pointe Drake.

La création de l'Étude du plateau continental polaire a donné lieu, directement et indirectement, à une foule de programmes scientifiques: levés multiparamétriques de divers types sur des eaux couvertes de glace au cours desquels l'Étude assurait la fourniture du matériel, le Service hydrographique du Canada mesurait des profondeurs d'eau à travers la glace, la Direction de la physique du globe mesurait la pesanteur et la Commission géologique du Canada échantillonnait les fonds marins.³⁹ Pour exécuter ce travail, il a fallu accomplir de nombreux progrès technologiques, comme la mise au point de transducteurs pour les sondages à travers la glace, de matériel d'échantillonnage et de photographie portatif qui puisse être utilisé sur la glace, et de méthodes qui permettent d'effectuer le levé de grandes surfaces du sous-sol marin à travers un seul trou foré dans la glace. Or, de nombreux progrès géologiques et géophysiques ont découlé de ces travaux. M. Y.O. Fortier et L.W. Morley avaient, en 1956, avancé la théorie selon laquelle les chenaux des îles de l'Arctique représentaient un réseau de drainage inondé du Tertiaire.²⁸ Dix ans plus tard, les données bathymétriques disponibles ont servi à illustrer comment ce réseau de drainage avait été modifié par la glaciation.⁹⁴ Les observations gravimétriques ont permis, entre autres choses, de découvrir de fortes anomalies de la pesanteur associées à la marge continentale au large des îles Reine-Élisabeth.^{115 119} Sur la nouvelle carte gravimétrique du Canada, elles font maintenant partie de la ceinture d'anomalies qui entoure le Canada à la ligne de rencontre du continent et de l'océan.

Le Service hydrographique du Canada a conçu de nouvelles techniques qui lui permettent de travailler dans l'Arctique, non seulement à travers la glace mais aussi en eaux libres. Les agents du Service ont utilisé des hélicoptères pour remorquer des sondes sous-marines et des véhicules sur coussin d'air pour tirer des transducteurs. L'importance de ce genre de technique est devenue évidente en 1979. Au moment où il escortait le *Manhattan* à travers le passage du Nord-Ouest jusqu'à la baie Prudhoe, le *John A. Macdonald* a découvert ce qui allait plus tard être identifié comme une structure "en forme de pingo", dont la partie supérieure (appelée "Admirals Finger" se trouvait à seulement 23 m de la surface de la mer.¹¹⁰ Par la suite, le *Baffin* a exploré une partie de la mer de Beaufort en 1970 à l'époque où l'*Hudson* effectuait son voyage autour des Amériques. Le *Baffin* a découvert pas moins de 78 de ces pingos, dont le moins profond se trouvait à 15,4 m. Le *Hudson* et le *Parizeau* en ont trouvé d'autres au moyen d'un sonar à balayage latéral; or, sept d'entre eux n'avaient pu être détectés par les écho-sondeurs du navire.

En 1979, au cours de travaux dans la mer de Beaufort, le *Hudson* a obtenu ce qui constitue peut-être les premières images de sonde à balayage latéral de l'érosion des fonds marins par la glace de mer, et découvert de la glace dans des

carottes sédimentaires.¹³² Les problèmes d'exploration et de production dans l'Arctique se sont multipliés: présence de pergélisol dans le sous-sol marin, susceptible de nuire au forage des puits d'exploration et de production, action érosive de la glace de mer (et des icebergs au large de la côte Est),⁷⁰ obstacle à la construction des têtes de puits et des pipelines, présence de structures sous-marines dangereuses, comme des pingos, susceptibles de nuire au transport maritime. Le problème du pergélisol au large des côtes s'était posé un peu plus tôt en 1980. En effet, l'Arctic Petroleum Operators' Association avait entrepris un programme d'échantillonnage au large des côtes dans la mer de Beaufort et découvert, dans certains trous de sonde, des sédiments gelés et de la glace qui sont peut-être les premiers échantillons de glace à être récupérés du sous-sol marin.^{3 74}

Cependant, le travail du *Hudson* en 1970 n'était pas encore fini. Le navire a poursuivi sa route jusqu'à la baie Baffin, où il a été clairement établi que, à partir des renseignements sismologiques recueillis, la baie reposait sur une croûte océanique.⁵⁷ Le *Dawson* avait déjà permis de confirmer, au cours de la saison de 1970, les suggestions selon lesquelles la province volcanique tertiaire gisant dans la région ouest du Groenland, s'étendait bien au-delà des côtes, et avait également démontré qu'un réseau deltaïque sédimentaire se trouvait à l'embouchure du détroit de Lancaster dans le nord de la baie Baffin, confirmant du fait l'hypothèse formulée par MM. Forley et Fortier en 1956.⁶⁰ Les basaltes qui avaient été cartographiés par voie magnétique et récupérés par dragage au large de la côte ouest du Groenland se sont révélés remarquablement "primitifs".¹⁷ Diverses contributions ont été apportées à l'hypothèse selon laquelle le détroit de Davis serait un "point chaud".⁴⁸

Les travaux de 1969 et 1970 ont eu de grandes répercussions sur les activités menées dans l'Arctique au cours des années 70, puisqu'ils ont donné lieu à l'étude du régime thermique, à la cartographie du pergélisol en mer au moyen de méthodes sismiques à faible profondeur et à l'établissement de cartes par le Service hydrographique du Canada.^{44 45 46 87}

L'industrie a foré son premier puits dans le delta du Mackenzie au milieu des années 60, et l'Imperial a foré son premier puits au large des côtes au cours de l'hiver de 1973-1974, installée sur l'île artificielle Immerk B-48. Des sociétés comme la Panarctic et la Polar Gas s'étaient penchées sur les problèmes que posait le forage sur les glaces. Elles ont étudiés des techniques comme le renforcement de la couverture de glace par inondation et gel, l'excavation directe à travers la glace en vue de la mise en place de pipelines dans les eaux couvertes de glaces. Les efforts déployés par l'Imperial pour mettre au point des techniques de forage sur des îles artificielles sont impressionnants, surtout si l'on considère l'hostilité du milieu en fonction des glaces et des vagues, la nécessité de s'approvisionner en matériaux bruts, comme des agrégats de construction, et l'amélioration des techniques qui s'est accomplie en quelques années. La première île a commencé à être construite en 1972 et utilisée à l'hiver de 1973-74; quatre îles ont pu être construites au cours de l'été de 1976, grâce aux progrès technologiques accomplis.¹⁸

Ce bourdonnement d'activités de l'industrie a surtout permis de bien connaître la géologie de la mer de Beaufort et du bassin du Mackenzie.^{55 66 131 133 135} On a ainsi pu constater que cette région était devenue un centre de dépôt distinct à la toute fin du Trias ou au tout début du Jurassique mais, contrairement à ce qui s'est passé au large de la côte Est, la sédimentation a depuis fortement subi l'influence de l'activité orogénique à laquelle était constamment soumis le continent. Les pièges d'hydrocarbures sont très variés: dans la province de Tuktoyaktuk-delta South, ces pièges sont

associés à des blocs faillés inclinés et à des horsts, tandis que dans la province du delta North, il s'agit principalement d'anticlinaux ou de structures faillées qui sont associés à des failles si dirigeant vers le bassin ou la marge.

Beaucoup de travaux réalisés parallèlement à l'activité du secteur privé ont apportés de nouvelles données sur la répartition des sédiments,^{95 96 129} des foraminifères et des mollusques au large des côtes de l'Arctique et dans les chenaux des îles de l'Arctique. Plus tard, certains scientifiques se sont intéressés au régime côtier, ainsi qu'à l'interaction entre les fleuves et la mer et les côtes et la glace. On s'est alors posé les questions suivantes: comment la glace de fond agit-elle sur le rythme de régression des lignes de côte dans la mer de Beaufort et où se trouvent les bassins des sédiments transportés par les fleuves septentrionaux?^{71 79 123}

Depuis 20 ans, il semble que les recherches exécutées dans l'Arctique soient une réunion d'intérêts qui, somme toute, s'est révélée fort heureuse: préoccupations politiques en matière de souveraineté, découvertes réalisées par les entreprises qui ont su profiter des occasions qui leur étaient offertes en terre inconnue, explication et modélisation de phénomènes et efforts déployés par le secteur privé pour résoudre des problèmes pratiques. Très peu de scientifiques universitaires ont participé à ces travaux jusqu'ici, ce qui est sûrement déplorable.

Instruments

Sur le chapitre des instruments géoscientifiques utilisés en mer, les scientifiques et technologues canadiens n'ont dominé les autres pays que dans de rares cas, mais ils se sont tenus au courant des progrès réalisés dans le monde. La mise au point du magnétomètre à boucle d'asservissement de phase, qui permet d'afficher directement la valeur du champ magnétique plutôt que la fréquence de précession, a permis de se dispenser d'une somme considérable de calculs arithmétiques à une époque où il n'y avait pas encore d'ordinateurs disponibles en mer.¹⁰⁹ Les scientifiques de l'Institut océanographique de Bedford ont été parmi les premiers à utiliser des ordinateurs de bord et à avoir recours à la navigation par satellite.²⁴ L'intérêt que l'on a porté au SATNAV tient aux problèmes que posait la précision du positionnement dans des régions éloignées, comme sur la dorsale de l'Atlantique et au large des côtes canadiennes, hors de la portée des aides à la navigation électroniques. Ce travail a été utile à des sociétés comme la Shell dans ses programmes de forage au large de la côte Est, et la Canadian Marconi, qui a construit des récepteurs SATNAV. Des scientifiques de la Direction de la physique du globe ont récemment mis au point un gravimètre marin linéaire exempt d'interférences dues aux raccordements. Ils participent également à plusieurs projets dans le domaine de la gravimétrie marine et ont mis au point un système de demande de données en temps réel à microprocesseur et des dispositifs de commande du gravimètre conçus en vue d'être utilisés à bord de navires.¹³⁹ Le Canada a cependant dominé dans la mise au point et l'utilisation des foreuses pour sondages géologiques peu profonds, appareils utilisés à bord de navires océanographiques et servant à prélever des échantillons là où le dragage est une technique impossible ou peu pratique à mettre en oeuvre. Cette méthode s'est avérée très utile dans divers programmes, comme les travaux de cartographie géologique effectués au large de la côte Est du Canada^{65 77} et les études écologiques des dorsales océaniques. La technique qui, à l'origine, servait à actionner une foreuse en remplissant d'air à la pression atmosphérique un cylindre se trouvant en eaux profondes est utilisée par les scientifiques américains à des fins différentes; la technique encore plus récente dans laquelle d'importantes quantités d'énergie électrique sont transmises par un câble du navire à

la foreuse située par 3 500 m de profondeur, par exemple, aura une variété d'autres applications océanographiques et on vient de finir la mise à l'épreuve d'un instrument conçu pour filtrer de grandes quantités d'eau de mer dans des eaux profondes. On connaît bien la compétence du Canada dans le domaine du forage au diamant, compétence à laquelle on a eu recours dans divers programmes de forage réalisés sur les îles océaniques dont il a déjà été question. Depuis les années 60, on emploie des submersibles et, depuis plus récemment, on utilise le **Pisces IV** au large de la côte Ouest, dans l'Arctique et au large de la côte Est dans le cadre de travaux novateurs de cartographie géologique et d'études de phénomènes sous-marins comme le décapage glaciaire.^{23 64 96 134}

D'autres cas de mise au point d'instruments sont dignes de mention. Un instrument appelé "Ralph" a été conçu pour contrôler, des fonds marins, le mouvement des sédiments, les vagues, les marées et les courants. Des sismomètres de fonds marins ont été mis au point avec succès sur les côtes Est et Ouest et leur technique a été à l'origine de la mise au point des magnétomètres de fonds marins. Ces derniers ont servi, pour la première fois au monde, au milieu des années 60, pour enregistrer les variations du champ magnétique sur les fonds marins, au large de la côte Est du Canada. Cependant, ce n'est probablement pas avant la fin des années 70 que les techniques ont progressé suffisamment pour rendre possible l'usage courant des instruments de ce genre et il a également fallu attendre jusqu'à peu près la même époque pour obtenir les techniques théoriques nécessaires à l'interprétation des données.

La sonde sismique sous-marine remorquée, dont il a déjà été question, est capable de recueillir des données de réflexion sismique de haute qualité par temps mauvais.^{63 93} Elle a été mise au point dans le cadre d'un projet connu sous le nom de "Seabed" (Projet des fonds marins), grâce à une équipe de scientifiques et d'ingénieurs provenant de la Huntec '70 Limited, de l'unité météorologique de la Division des sciences et des levés océaniques du Centre géoscientifique de l'Atlantique, du Centre de recherches pour la défense, section de l'Atlantique, et de l'Université Memorial. Les données produites par ce système sont hautement reproductibles, grâce à une méthode unique de suppression du bruit dans le système engendré par les mers houleuses. La haute qualité des données a à son tour permis d'inverser les modèles de dispersion des fonds marins pour estimer la rugosité de la texture et la distance de corrélation, valeurs de base qui permettent de caractériser différents sédiments. On a récemment mis au point un dispositif qui calcule ces caractéristiques en ligne avec un ordinateur. D'autres recherches, basées sur les données produites par ce système, ont abouti à la création d'une méthode qui permet d'estimer la réflectivité du sous-sol marin et l'atténuation acoustique dans la première couche, valeurs très importantes pour le ministère de la Défense nationale.

Répercussions

Le travail accompli depuis un quart de siècle par des scientifiques et technologues d'établissements canadiens, qu'il s'agisse de l'industrie, d'organismes gouvernementaux ou d'universités, peut être décrit assez aisément. Toutefois, il n'est pas aussi facile d'en évaluer les effets car il n'existe pas de repères. La question qu'il faut se poser est peut-être: compte tenu des gens, des institutions, des ressources et du contexte politique, les demandes exprimées implicitement par la société sont-elles raisonnables, et les réponses satisfaisantes?

La situation en 1960 était différente de celle d'aujourd'hui. Voici quelques constatations qu'il était possible de faire à l'époque et qui sont abordées dans le présent document: la première concession avait été prise par la

Mobil un an auparavant; la première nomination en géologie marine à l'Université Dalhousie a eu lieu cette année-là; M. Van Steenburgh songeait à l'Institut océanographique de Bedford; il n'y avait pas d'institut à la baie Patricia; le **Hudson** en était encore au stade de dessin; aucun puits n'avait été foré au large des côtes du Canada; les pingos sous-marins demeuraient encore inconnus; les observations de M. Lamont sur la réfraction, quelques échantillons repêchés par dragage et les observations de la Commission géologique sur le champ magnétique étaient les seuls indices de l'existence d'un coin de sédiments au large des côtes; l'expansion des fonds marins n'avait pas encore été constatée; une protubérance se dressant jusqu'à 600 m de la surface de la mer au milieu de la baie Baffin se trouvait encore sur les cartes par erreur; le CNRC ne finançait pas la géologie dans les universités; l'Étude du plateau continental polaire n'avait que deux ans d'existence; les systèmes de navigation électronique n'atteignaient que 400 ou 500 km au large de quelques côtes; les méthodes sismiques multi-canaux en mer étaient primitives. Jusqu'à récemment, les structures qui allaient être forcées à Hibernia ne pouvaient être détectées au moyen de sondes sismiques car elles étaient cachées sous la discordance d'Avalon.

Certaines constatations étaient, et demeurent, extrêmement décourageantes pour la recherche en mer. Le milieu se révèle très inhospitalier pour les travaux d'exploration et de production. Aujourd'hui, comme alors, les sociétés voient les gouvernements débattre des questions de compétence, d'argent et de politique d'exportation alors que le produit n'est toujours pas sûr d'être livré. Dans les organismes gouvernementaux, les scientifiques faisaient partie d'organisations qui se modifiaient constamment. L'Université Dalhousie était pauvre. Encore aujourd'hui, les organismes gouvernementaux et l'industrie possèdent et exploitent les principales installations, au détriment des universités. Malgré la bonne volonté de chacun, ces structures institutionnelles ont sans doute eu un effet néfaste sur le développement des sciences marines. Aurait-il été souhaitable que des membres des universités et de l'industrie fassent partie des équipes constituées aux instituts océanographiques et limnologiques? Les scientifiques canadiens oeuvrant en mer étaient, et demeurent, aux prises avec un problème national: les Canadiens travaillent au sein d'un régime industriel fondé sur une économie de succursales sous-tendue par une faible base de techniques avancées. Or, les techniques avancées sont précisément une des clés du succès dans le travail en mer.

Seulement quelques personnes ont été mises en présence des véritables dimensions du domaine marin national et de l'ampleur des problèmes mondiaux, que le Canada aurait avantage à connaître. Un ou deux chercheurs spécialisés s'intéressent aux roches ignées des bassins océaniques; d'autres s'intéressent au décapage glaciaire. D'autres encore dressent la carte du plateau continental au large de la côte sud-est de l'île Baffin, soit une région d'une superficie égale à celle de la Nouvelle-Écosse. D'autres encore procèdent à l'étude des processus à l'oeuvre sur les talus continentaux; quelques-uns s'intéressent à la géochimie marine contemporaine. Un ou deux s'occupent de problèmes ayant trait à l'élimination en haute mer des déchets radioactifs. D'autres ont établi la biostratigraphie des puits forés au large des côtes et permettent l'accès au public à ces renseignements. Un ou deux ont entrepris un essai de synthèse géologique des événements récents survenus dans la mer de Beaufort. Quelques-uns ont entrepris de décrire le littoral canadien tandis que d'autres s'intéressent aux processus littoraux. D'autres encore participent activement au Projet de forage des fonds marins. Seuls un ou deux ont activement participé aux études modernes ayant trait aux processus hydrothermiques. Quelques-uns procèdent à l'identification des propriétés de la croûte et du manteau terrestre, et un ou

deux de ces derniers s'intéressent plus particulièrement à la modélisation quantitative des marges continentales. Personne ne s'intéresse aux processus sédimentologiques des bassins océaniques, tandis que trois ou quatre chercheurs oeuvrant au sein d'organismes gouvernementaux procèdent à l'évaluation des ressources possibles en hydrocarbures gisant au large de la côte Est, entre le banc Georges et le détroit de Lancaster.

Il n'est pas facile de se comparer aux États-Unis quant à l'importance de la géologie et de la géophysique marines, mais certains chiffres permettent de mieux saisir le point qui vient d'être soulevé. La Geologic Division de la U.S.G.S. dispose d'environ 3 000 personnes et d'un budget de 250 millions de dollars; la Commission géologique du Canada a un personnel de 750 employés et un budget de 38 millions de dollars. En tout, selon l'annuaire de l'American Geological Institute, il y a environ 538 enseignants et chercheurs en sciences marines au Woods Hole Oceanographic Institution, à Lamont-Doherty, à l'Université de Rhode Island, à l'Université de Miami, aux universités de South Florida et Florida State, à l'Université du Texas, à la Texas A and M, au Scripps Institution of Oceanography, à l'Université de l'Oregon et à l'Université de Washington. Au Canada, les départements d'océanographie de l'Université de la Colombie-Britannique et de l'Université Dalhousie ainsi que du Centre des sciences marines de McGill ont un corps enseignant de 54 membres. On attache souvent une comparaison des taux de population à de telles comparaisons, afin de déterminer exactement ce que le pays est en mesure de permettre. Cependant, en termes de responsabilité directe, il est clair que les efforts canadiens sont de beaucoup inférieurs à ceux des États-Unis; ainsi, le Canada a une superficie de 9 970 610 km², les États-Unis eux, 9 371 829 km², le littoral canadien couvre 243 800 km tandis que celui des États-Unis s'étend sur seulement 142 640 km, enfin la région au large des côtes comprise à l'intérieur de la limite de 200 milles du Canada couvre 5 800 000 km², en regard des 10 500 000 km² en territoire américain. Il y a, en outre, l'effet nuisible que l'octroi de ressources restreintes aux recherches entreprises au large des côtes a sur les responsabilités nationales directes.

La participation mondiale du Canada, et son influence dans le monde, ont été de beaucoup inférieures à celles des États-Unis, par exemple. Cela est malheureux pour plusieurs raisons. Ainsi, le fait qu'ils aient peu participé aux travaux des dernières années sur les processus hydrothermiques des dorsales océaniques, signifie que les géologues de l'exploration canadiens ne disposent que d'une information de seconde main sur les nouvelles idées formulées au sujet de gîtes minéraux, qui pourraient faciliter l'exploration au Canada.³² Le Canada n'ayant pas, comme les Français et les Américains, utilisé des systèmes de sondage avancés comme le "Seabeams", ce n'est que tardivement que l'on a demandé que les navires canadiens en soient équipés. En conséquence, il n'existe des lignes de sonde que sur les pentes espacées d'environ 10 km, et les cartes bathymétriques dont dispose l'industrie pour ses travaux d'exploration en eaux profondes sont sommaires à côté de ce qu'elles auraient pu être; pour orienter la réglementation des travaux d'exploration en eaux profondes, les déductions géologiques seront nettement insuffisantes. Pourtant, les quelques travaux qui ont été exécutés dans un contexte mondial ont été suivis peu après de retombées favorables pratiques. Ainsi, on a construit des sismomètres de fonds marins sur les côtes Est et Ouest pour étudier la croûte des océans et des marges continentales. Ces appareils ont permis d'accomplir des travaux excellents, d'importance mondiale. Aussi, quand on en a eu besoin pour évaluer les risques que présentait la sismicité pour les travaux de mise en valeur dans la mer de Beaufort, ils étaient prêts à être utilisés. En fin de compte, des sciences marines

de qualité s'imposent non pas pour le bien des ces sciences comme tel, mais parce qu'elles ont une importance pratique dans un domaine où les progrès sont rapides.

Les effets des travaux canadiens sur la "géopolitique marine mondiale" reflètent la notoriété dont jouit le domaine géoscientifique marin canadien dans le monde. Le Canada a apporté une contribution appréciable à la bathymétrie dans les océans du monde en produisant des cartes bathymétriques générales des océans (GEBCO), et son influence dans ce domaine s'est avérée importante. Les quelques personnes qui ont apporté une large contribution au Projet de forage des fonds marins et à l'élargissement des connaissances mondiales au sujet des marges actives et passives ont eu une influence sur les programmes d'autres pays. Le Canada a beaucoup participé aux négociations du Droit de la mer. Il y a une leçon à en tirer, n'est-ce pas? Si le Canada veut avoir une influence mondiale sur l'étude de problèmes mondiaux, qui concernent tous les Canadiens directement et indirectement, il lui faut reconnaître la nécessité d'y consacrer une part appréciable de ses ressources. L'étroitesse d'esprit et l'étude de problèmes restreints aux limites géographiques du Canada ne peuvent que retarder de 10 à 20 ans la compréhension des problèmes de caractère véritablement canadien et limitera la contribution canadienne à la solution des problèmes mondiaux, susceptibles d'avoir un effet sur la situation canadienne.

Bien sûr, il s'est aussi produit beaucoup d'événements heureux. L'industrie a réalisé des découvertes importantes de pétrole au large de Terre-Neuve et dans la mer de Beaufort; ces découvertes peuvent représenter un pourcentage appréciable des réserves restantes de brut classique albertain. Des firmes d'experts-conseils et des sociétés de services canadiennes se sont formées là où il n'en existait aucune. Des travaux de cartographie systématique ont été réalisés dans bon nombre de régions au large des côtes, suffisamment pour délimiter certains obstacles à la mise en valeur. Les problèmes particuliers aux hautes latitudes canadiennes ont été clarifiés: pergélisol sous-marin, structures en forme de pingos et érosion glaciaire. Certaines sciences se sont distinguées superbement. D'excellents instituts d'océanographie sont en place à l'Université de la Colombie-Britannique et à Dalhousie. Compte tenu de toutes les difficultés qu'ils ont eu à surmonter, les Canadiens ont sûrement été largement récompensés pour leurs efforts des 20 dernières années. Si l'on y réfléchit après coup, le rendement de l'investissement canadien aurait peut-être été supérieur dans des circonstances plus heureuses, par exemple (1) si l'on avait trouvé tout de suite une solution aux problèmes que posent la politique de la réglementation au large des côtes (2) si les règlements régissant la diffusion des informations sur le domaine au large des côtes avaient été propices à l'éclosion des meilleures idées scientifiques et si l'on avait appliqué dès le départ des règles favorisant l'industrie canadienne, (3) si les instituts d'océanographie fédéraux avaient eu des structures différentes, car on peut s'interroger sur leur caractère national du fait de leur appartenance à des ministères fédéraux, (4) si l'on avait élaboré une politique cohérente des sciences de la Terre en milieu marin, qui aurait évalué les besoins en travaux à caractère mondial et en travaux à caractère purement national, (5) si l'organisation des instituts fédéraux avait joui d'une meilleure stabilité et finalement (6) si les scientifiques avaient eu à leur disposition beaucoup plus de ressources financières et humaines.

À quoi doit-on s'attendre maintenant? Il n'entre pas dans le propos de ce document de répondre à cette question de manière exhaustive; d'ailleurs, une seule personne ne pourrait le faire. Il est cependant permis de suggérer une approche. Les connaissances ne sont pas encore suffisantes pour définir avec assez de précision les problèmes pratiques qui se poseront au cours des prochaines années, ni pour faire

des prévisions valables des problèmes subséquents; par contre, il est évident que l'avenir s'avérera surprenant. Les géologues, géochimistes, géophysiciens et géographes qui oeuvrent en mer devront contribuer à résoudre les problèmes de nature purement canadienne que pose la mise en valeur des ressources sur les plateaux et les talus continentaux de l'Atlantique, de l'Arctique et du Pacifique. Ils devront aussi aider les scientifiques qui oeuvrent sur la terre ferme à élaborer des modèles qui y faciliteront la découverte de ressources. Cependant, les chercheurs canadiens devront aussi contribuer à résoudre des problèmes de portée mondiale qui concerneront également la pollution canadienne: élimination des déchets dans les océans, cycle du carbonate et gaz carbonique, problèmes climatiques et problème de l'amenuisement des ressources dans un monde qui se resserre. Tous ces problèmes réclament la mise en oeuvre de sciences de qualité. En outre, la technologie canadienne est suffisamment avancée pour permettre la recherche de solutions rationnelles à ces problèmes. Les universités ont un excellent mécanisme d'octroi de subventions, qui comprend notamment un comité d'octroi de subventions stratégiques pour l'étude des océans et qui était encore au stade embryonnaire il y a à peine 20 ans. Le Conseil canadien des sciences de la Terre est présent lorsque se réunissent toutes les têtes dirigeantes des disciplines géoscientifiques, ce qui n'existait pas il y a 20 ans. Les scientifiques canadiens sont maintenant suffisamment organisés pour commencer à définir certains des problèmes des deux prochaines décennies et les actions collectives auxquelles le Canada devra recourir pour les résoudre; or, il s'agit là de circonstances qui n'auraient jamais pu se produire en 1960.

LES SCIENCES DE LA TERRE EN MILIEU CÔTIER ET GESTION DE L'ENVIRONNEMENT – G.E. Reinson

Introduction

Depuis une cinquantaine d'années, les travaux géoscientifiques sont concentrés en bonne partie dans les zones côtières et littorales du Canada (notamment les Grands Lacs, les grands estuaires et baies fermées comme la baie de Fundy). Malgré les limites de ressources financières et humaines au Canada, et compte tenu de l'immensité du littoral, les scientifiques canadiens ont accompli des réalisations remarquables dans les domaines de la sédimentologie, de la géomorphologie et de la géologie environnementale du domaine côtier national. Le présent exposé a pour but de montrer en quoi l'activité géoscientifique en milieu côtier est intense au Canada et d'expliquer pourquoi il en est ainsi. Il se peut que certaines personnes ou organisations importantes qui ont apporté une large contribution aux sciences de la Terre en milieu côtier au Canada aurait été omises par inadvertance en raison d'un effort manifeste de concision. Cependant, on trouvera dans la bibliographie une liste des résumés des documents, procès-verbaux de conférence, comptes rendus de symposiums et publications d'organisations les plus pertinents et les plus actuels traitant du domaine géoscientifique côtier au Canada. La plupart des particuliers et des organisations oeuvrant dans ce domaine y sont mentionnés quelque part.

Les universités, les gouvernements et le secteur privé ont tous contribué dans une large mesure à l'essor des sciences de la Terre en milieu côtier. L'importance relative des efforts déployés au Canada dans les disciplines géoscientifiques côtières peut être attribuée, du moins en partie, au fait que les études côtières peuvent être entreprises à un coût relativement faible comparativement à d'autres programmes qui ont lieu sur les plateaux et les talus continentaux. Les départements des sciences de la Terre de certaines universités ont reconnu la valeur des secteurs côtiers canadiens, en tant que laboratoires naturels à la fois pour l'enseignement et pour la recherche en sédimentologie

et en géomorphologie. Cependant, ce qui explique surtout la récente montée de l'activité géoscientifique en milieu côtier au pays est la nécessité de résoudre les problèmes technologiques et environnementaux suivants:

1. recherche, production et transport du pétrole au large des côtes;
2. érosion des rivages non consolidés;
3. aménagement et entretien des ports;
4. réglementation des déversements de déchets en milieu côtier et de l'élimination des résidus de dragage;
5. aménagement possible de centrales marémotrices; et
6. gestion de l'ensemble de la zone côtière, en essayant de concilier des besoins environnementaux et technologiques interreliés, mais parfois incompatibles.

Universités

Depuis une dizaine d'années, les travaux géoscientifiques côtiers réalisés dans les universités ont surtout été le fait des départements de géologie et de géographie de l'université McMaster, dont les programmes de recherche supérieurs menés dans l'Arctique, dans la partie sud du golfe Saint-Laurent et dans la baie de Fundy ont incité d'autres universités, et même certaines organisations gouvernementales, à emboîter le pas. Des programmes géoscientifiques côtiers progressifs ont été mis sur pied à l'Université de la Colombie-Britannique (départements de géographie et de sciences géologiques), à l'Université de Toronto (département de géographie), à l'Université Dalhousie (département d'océanographie et de géologie) et à l'Université du Québec à Rimouski (département d'océanographie); en outre, dans beaucoup d'universités, en particulier en Ontario et au Québec, le niveau d'activité s'est considérablement accru au cours des dernières années.^{1 2} La plupart des travaux réalisés récemment englobent la cartographie et la classification géomorphologiques du littoral, destinées à la gestion des zones côtières.

Le contenu de ce rapport semble indiquer que les programmes de génie côtier dans les universités canadiennes sont négligeables. Or, il existe au moins trois départements de génie (aux universités Queens, Laval et Western Ontario) qui offrent encore des programmes d'enseignement et de recherche de haute qualité dans les disciplines du génie côtier. Compte tenu de l'étroite relation qui existe entre le génie côtier d'une part et la sédimentologie, la géomorphologie et l'océanographie littorale d'autre part, l'absence de programmes de recherche interdisciplinaires importants faits en collaboration par des ingénieurs et des géologues universitaires est à déplorer.

Gouvernements

Dans le cadre de ce rapport, M. M.J. Keen a énuméré les nombreux ministères et organismes fédéraux qui participent, directement ou indirectement, aux travaux géoscientifiques en milieu côtier au Canada. La Commission géologique du Canada (ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources), le Centre canadien des eaux intérieures (Pêches et Océans et Environnement Canada) et le Service de la protection de l'environnement (Environnement Canada) sont peut-être ceux qui ont le plus promu et contribué à des études et à des programmes géoscientifiques côtiers au Canada. Depuis dix ans, les Grands Lacs ont été étudiés en profondeur³ et, au cours de la même période, des programmes géoscientifiques côtiers ont été mis en valeur au Centre géoscientifique de l'Atlantique et à la Division de la science des terrains de la Commission géologique.^{4 5} Au sein de la Commission géologique, il faut rendre hommage tout particulièrement à MM. D.E. Buckley, B.D. Loncarevic et B.R. Pelletier pour avoir mis sur pied la Subdivision de la

géologie marine environnementale, dont l'intérêt au début portait sur des projets interdisciplinaires en milieu côtier.⁴ Depuis le début des années 70, les sciences de la Terre en milieu côtier ont fait boule de neige au sein de la Commission géologique.¹

La cartographie et la classification du littoral représentent des disciplines de la géomorphologie qui ont reçu beaucoup d'attention au sein des ministères fédéraux depuis dix ans. Devant l'accroissement des travaux d'exploration pétrolière au large des côtes et dans l'extrême-Arctique, il a fallu dresser des inventaires des côtes canadiennes; ce travail a été entrepris par des ministères fédéraux^{5 6} ou encore confié à des firmes d'experts-conseils du secteur privé par des organismes gouvernementaux.^{7 8} Ces inventaires fourniront des données importantes pour l'aménagement portuaire, la planification des terminaux de gaz naturel liquéfié, l'établissement des itinéraires des pétroliers et l'élaboration des plans d'urgence en cas de déversements de pétrole. Le Service de la protection de l'environnement a pour tâche d'encourager les recherches sur les déversements de pétrole et de diffuser de l'information sur les techniques utilisées pour faire face à ce problème.⁹ Ce service gère également le programme gouvernemental de lutte contre le problème des déversements de pétrole dans les eaux Arctiques (AMOP).^{10 11}

Beaucoup de ministères et organismes fédéraux entreprennent des programmes de génie côtier (voir à ce sujet les commentaires de MM. J. Ploeg et M.J. Keen). Au nombre des programmes les plus connus, il suffit de mentionner les études de conception et de modélisation entreprises par le Laboratoire d'hydraulique de la Division du génie mécanique, Conseil national de recherches du Canada, ainsi que les études de dragage et d'entretien des ports réalisés sur le terrain par le ministère des Travaux publics.

Depuis une dizaine d'années, certains ministères et organismes provinciaux, en particulier en Colombie-Britannique et dans les provinces Maritimes, ont commencé à obtenir des informations géoscientifiques côtières en vue de la gestion de l'environnement et de l'utilisation appropriée des richesses naturelles du littoral (voir l'exposé de M. R.D. Johnson). Les programmes provinciaux sont relativement petits d'envergure, cela par nécessité économique, mais il semble exister une excellente collaboration entre les organismes provinciaux et fédéraux en ce qui concerne le transfert des données géoscientifiques qui servent à la planification et à l'élaboration des politiques provinciales. On voit fréquemment des organismes provinciaux financer directement des études confiées par contrat au secteur privé qui ont pour but de résoudre des problèmes particuliers aux côtes, la lutte contre les déversements de pétrole et les mesures de nettoyage, ainsi que l'entretien des ports.

Industrie

Indirectement, l'industrie a joué un rôle majeur dans l'intensification des travaux géoscientifiques côtiers au Canada. Comme il a déjà été mentionné, la recherche et la mise en valeur du pétrole au large des côtes ont fait du milieu côtier un objet d'étude prioritaire des sciences de la Terre en milieu marin. Certaines organisations gouvernementales ont répondu aux besoins de l'industrie, et aux leurs, en ce qui concerne la cartographie du littoral et la gestion de l'environnement.^{1 5 6 7 8 10 11} Certaines sociétés privées ou sociétés d'État, soit par l'entremise d'associations comme l'Arctic Petroleum Operators Association (APOA), soit en leur propre nom, ont engagé et continuent à engager des experts-conseils en environnement ainsi que des groupes universitaires et gouvernementaux pour entreprendre un inventaire des côtes.

Malheureusement, le présent rapport ne donne aucun chiffre précis quant à l'importance des travaux de génie côtier dans le secteur privé. Ce qui est sûr cependant, c'est qu'il existe au Canada de nombreuses firmes d'experts-conseils réputées dans ce domaine, notamment en Colombie-Britannique, en Ontario et dans certaines des provinces maritimes. Le Comité associé chargé de la recherche sur l'érosion et la sédimentation littorales du Conseil national de recherches possède une liste des ingénieurs côtiers qui oeuvrent dans le secteur privé.^{2 12} Entre autres, ce comité essaie de combler l'écart et de promouvoir la communication entre diverses disciplines géoscientifiques, en particulier entre le génie et la géologie.

Bilan

Depuis cinq ans, les travailleurs côtiers reconnaissent la nécessité d'une communication et d'une collaboration entre les particuliers, les universités, le gouvernement et le secteur privé.^{1 2 13} Le Comité associé chargé de la recherche sur l'érosion et la sédimentation littorales est un exemple de ce nouvel esprit de collaboration et de coordination. Formé en 1977, en grande partie par des ingénieurs côtiers du gouvernement et des universités, il a pour mandat d'approfondir les connaissances sur les processus physiques qui interviennent dans l'érosion et la sédimentation des rivages des lacs et des océans du Canada; pour y arriver, ils cherchent à promouvoir la recherche sur les processus particuliers aux avant-plages et aux côtes, ainsi que la communication entre les chercheurs oeuvrant dans ces milieux. Le Comité est formé d'ingénieurs, d'océanographes et de géologues qui représentent des organisations gouvernementales, des universités et le secteur privé. Il a organisé un grand symposium² et publie un bulletin,¹² afin de diffuser l'information qui a trait aux travaux côtiers en cours à travers le Canada.

La Commission géologique du Canada a elle aussi contribué à améliorer la communication et la liaison entre les géoscientifiques côtiers, en organisant un symposium interdisciplinaire en 1978,¹ et en réunissant par le fait même des géomorphologues, géologues, ingénieurs et océanographes qui font la recherche pure et appliquée en milieu côtier. Il ressort d'un symposium sur la gestion du littoral, tenu par le Conseil canadien des ministres des ressources de l'environnement en 1978,¹⁴⁰ que non seulement les géoscientifiques et ingénieurs côtiers, mais aussi les organismes de réglementation gouvernementaux commencent à coordonner leurs efforts.

Les progrès réalisés au Canada dans le domaine géoscientifique côtier, en particulier depuis dix ans, sont remarquables; les résultats sont assez éloquentes. Néanmoins, il reste encore beaucoup à faire, et s'asseoir sur ses lauriers ne serait que régression. L'esprit de collaboration et de coordination qui est apparu au cours des dernières années doit continuer de croître, afin que les travaux géoscientifiques en milieu côtier se poursuivent, au moins au même rythme qu'actuellement.

SOUVERAINETÉ ET COMPÉTENCE – R.J. Harrison

Le problème de la juridiction sur les marges continentales adjacentes au Canada est sur le point de se régler, après une période d'incertitude au pays même et de transitions internationales. Sur la scène internationale, la troisième Conférence des Nations Unies sur le Droit de la mer (UNCLOS III) est à la veille d'une entente sur une nouvelle définition des droits nationaux sur les régions au large des côtes. Au Canada, les découvertes de pétrole au large de Terre-Neuve entraîneront probablement une solution au problème de la juridiction sur les régions au large des côtes, source de conflit entre le gouvernement fédéral et les provinces depuis près de 15 ans.

En ce qui concerne les eaux territoriales, les réclamations du Canada s'inspirent de la Convention de Genève sur le plateau continental, qui date de 1958. En effet, cette convention accorde aux États côtiers des droits souverains pour la recherche et la mise en valeur des richesses naturelles du plateau continental jusqu'à une certaine limite extérieure. Or, UNCLOS III fixera une nouvelle limite extérieure de la zone sur laquelle peuvent être exercés les droits souverains, mais elle avantagera le Canada car celui-ci aura juridiction sur la majeure partie des zones de la marge continentale que l'on croit riches en hydrocarbures. Jusqu'à une distance de 200 milles marins de la ligne de base utilisée pour mesurer la mer territoriale, région qu'on appellera désormais zone économique exclusive, chaque pays pourra exercer une juridiction exclusive en ce qui a trait à la gestion des ressources naturelles vivantes et non vivantes. Les États se verront également accorder des droits sur les ressources naturelles non vivantes qui se trouvent au delà de la zone économique exclusive de 200 milles, jusqu'à une limite extérieure qui sera définie au moyen d'une combinaison de critères basée sur la distance, la profondeur d'eau et l'épaisseur des couches sédimentaires. Ainsi, le Canada aura probablement une juridiction exclusive sur toutes ces ressources, jusqu'à une distance minimale de 350 milles marins. Cependant, toute production de ressources qui se fera sur la marge continentale au delà de la limite de 200 milles marins sera vraisemblablement assujettie à une redevance d'au plus 7 %, qui devra être versée à la communauté internationale par l'entremise de l'Autorité internationale des fonds marins dont la création est proposée.

Cette juridiction accordée au pays par la communauté internationale a donné lieu à des conflits entre le gouvernement fédéral et les provinces. En 1967, dans un litige mettant en cause la région située au large des côtes de la Colombie-Britannique, la Cour suprême du Canada a statué en faveur du gouvernement fédéral. Cependant, les provinces de l'Est ont toujours invoqué leurs différences historiques pour inciter les tribunaux à statuer en leur faveur. Terre-Neuve, en particulier, a déjà fait valoir le fait qu'elle était un dominion autonome avant son entrée dans la confédération en 1949. Le gouvernement fédéral et les provinces ont, de part et d'autre, fait valoir leur autorité sur les régions marines adjacentes. Jusqu'à maintenant, l'industrie pétrolière est sortie indemne de cette querelle, simplement en se conformant aux exigences des deux ordres de gouvernement. C'est ainsi qu'elle a obtenue des permis ou des licences des gouvernements fédéral et provincial. Cependant, ses dispositions ne vaudront plus lorsqu'il s'agira de passer à la production. En effet, si un programme de travail, comme le forage de puits, peut à la rigueur satisfaire aux doubles exigences des gouvernements fédéral et provincial, l'industrie ne peut remplir, en même temps, les obligations que lui imposent les concessions au moment de la production de façon satisfaisante aux exigences des deux ordres. En particulier, une redevance ne peut manifestement être versée qu'une fois. Aussi, la découverte du gisement Hibernia a-t-elle eu pour effet de hâter le règlement du conflit d'une façon ou d'une autre. Cependant, on ne peut dire pour l'instant si la question sera portée devant la Cour suprême du Canada ou si elle sera négociée en vue d'une certaine forme de contrôle fédéral-provincial conjoint.

LES SCIENCES DE LA TERRE EN MILIEU MARIN AU CANADA, DANS LES ANNÉES 80 – A.E. Pallister

Depuis environ un an, deux événements d'importance ont marqué les sciences de la Terre en milieu marin au Canada. Premièrement, on a confirmé des quantités commerciales de pétrole et de gaz au large de Terre-Neuve et dans la mer de Beaufort et annoncé les plans pour le transport de gaz naturel liquéfié à partir de l'archipel de

l'Arctique. Deuxièmement, le Programme énergétique national du gouvernement fédéral a fait porter les efforts de mise en valeur sur les ressources des régions pionnières. Ces événements annoncent le début d'une nouvelle ère de l'activité marine au Canada au cours des années 1980.

Depuis dix ans, des organismes provinciaux et fédéraux ont commandité un nombre exceptionnellement important d'études et de conférences qui ont porté sur les perspectives industrielles, les lacunes technologiques, les besoins en recherche et développement et en main-d'oeuvre des futures activités marines du Canada. Bien que ces analyses soient constamment remaniées et mises à jour, certains faits demeurent incontestables:

- a. Les ressources potentielles en pétrole et en gaz gisant sous les trois océans du Canada sont plusieurs fois plus abondantes que les réserves classiques, en voie d'épuisement rapide, des régions terrestres du Canada. Ces ressources sont quantitativement comparables aux deux autres principales sources d'hydrocarbures du pays: les sables pétrolifères et les gisements profonds de gaz naturel.
- b. La production du pétrole de ces océans fréquentés par les glaces, comme des autres sources importantes, coûtera cher et réclamera l'utilisation de nouvelles techniques. Les océans du Canada se caractérisent par une couverture de glace qui va de l'extrême permanence à l'extrême dynamisme, par le passage d'icebergs, par l'érosion des fonds marins, par la profondeur d'eau et par l'instabilité et la dureté des roches constituant les fonds marins.
- c. Le Canada dispose d'une puissante technologie marine. Cela peut paraître étonnant compte tenu du peu d'activités qui ont eu lieu au Canada en regard des travaux menés dans d'autres régions comme dans le golfe du Mexique ou dans la mer du Nord. Cependant, des sociétés établies au Canada ont participé activement à des entreprises industrielles mondiales en mer, et les scientifiques des gouvernements et des universités ont pris une part active dans des programmes internationaux. Au cours des travaux d'exploration pétrolière, le Canada a fait ses preuves dans trois secteurs d'activité nouveaux et importants: activités géophysiques dans la glace et sur la glace, forages sur des navires à étrave renforcée et sur des plates-formes de glace et forages en eaux profondes.

- d. Mais pour accomplir sa prochaine mission, la production et le transport en eaux froides, le Canada devra déployer des efforts encore plus importants. En effet, si les sociétés d'exploration ont pu jusqu'à maintenant profiter au maximum des "fenêtres" saisonnières qui leur étaient ouvertes, des impératifs d'ordre économique rendront désormais nécessaires la production et le transport l'année durant.

Il n'est malheureusement pas possible, dans l'espace alloué, de décrire les nombreuses exigences particulières aux océans du Canada. Cependant, on peut affirmer que chaque projet a besoin de techniques avancées qui lui sont propres, dictées par la nature de la glace de surface, par la profondeur d'eau, par les propriétés des fonds marins, ou encore par une combinaison de ces trois facteurs. Mais quel que soit le projet considéré, la haute qualité des travaux techniques aura une grande importance dans la conception des systèmes appropriés. La question de la sécurité sera au centre des préoccupations des investisseurs industriels, des organismes de réglementation et de tous les Canadiens. Il y a peu d'endroits dans le monde où, aux yeux du public, la protection environnementale est plus cruciale que dans les eaux nordiques. La qualité du matériel de transport et de production et de l'exploration des ressources marines du Canada s'avérera sans doute supérieure à celle de tout autre lieu d'activité au monde.

Les géoscientifiques auront à jouer un rôle déterminant lorsqu'il s'agira de trouver des solutions à la fois sûres et économiques. Les sédiments des fonds marins et des faibles profondeurs sont particulièrement importants, étant donné que l'érosion glaciaire, les variations extrêmes de la texture des fonds marins et le pergélisol sous-marin imposeront de nouvelles exigences. La géotechnique sera appelée à jouer un rôle extraordinaire dans l'achèvement des puits, dans la mise en place du matériel de sondage, des appareils sous-marins, des têtes de puits, des réseaux de collecte, des collecteurs, des colonnes montantes et des pipelines sous-marins.

Au cours des années 80, la mise en valeur des ressources marines du Canada créera un besoin pressant de géoscientifiques marins, dans les domaines de la recherche, du développement, de la démonstration, de la conception des installations et de l'exploitation.

Après 30 ans de travaux d'exploration, d'analyse et de planification, le Canada entre dans une ère d'application, au cours de laquelle il devra compter énormément sur ses géoscientifiques, spécialistes du milieu marin.

3. GOUVERNEMENT

Cette partie du rapport renferme sept exposés sur la participation des gouvernements dans l'application des sciences de la Terre en milieu marin. On y décrit les activités des deux ordres de gouvernement dans ce secteur et on constate une nette domination de celles du gouvernement fédéral. Les auteurs abordent tour à tour les aspects juridiques provinciaux, fédéraux et internationaux de cette question et examinent la participation du Canada dans les programmes internationaux.

Il importe de souligner particulièrement la contribution de M. M.J. Keen dans l'article intitulé "Marine Geosciences in the Government of Canada", regroupant les contributions de quelque 50 employés du gouvernement fédéral, et plus particulièrement de MM. P.G. Sly, R.D. Hyndman et C.P. Lewis. Dans la première partie de ce compte rendu, M. Keen présente l'information de telle sorte que, peut-être pour la première fois, les travailleurs intéressés du secteur privé pourront avoir une vue synoptique de l'organisation, des sphères de responsabilité et des activités des divers ministères et de leurs organismes. M. Keen présente ensuite les ressources financières sous forme de tableau, en indiquant les sommes allouées aux divers programmes, selon les organismes, soit actuellement 16 millions de dollars. Enfin, d'autres scientifiques du gouvernement fédéral font part de leurs commentaires. Suit un bref exposé sur les sciences de la Terre dans le Nord du Canada, soumis par M. C.P. Lewis. Ce document reprend quelques-unes des idées formulées par M.J. Keen, mais en insistant sur la pauvreté de la recherche géoscientifique en milieu marin dans le Nord.

Dans un document distinct, M. M.J. Keen trace les grandes lignes du Processus fédéral d'examen des évaluations environnementales appliqué aux travaux géoscientifiques en milieu marin. Ses observations et commentaires personnels ajoutent beaucoup de profondeur à cet exposé. En particulier, M. Keen attire l'attention du lecteur sur le fait que les ressources humaines et autres des ministères n'augmentent pas au même rythme que les travaux d'évaluation environnementale et ceux ayant trait aux ressources, qu'ils ont à exécuter.

MM. R.J. Harrison et I. Townsend-Gault présentent un bref exposé sur les questions juridiques soulevées par la marge continentale canadienne, en faisant le point sur la propriété des diverses zones et régions en vertu du droit constitutionnel international et en vertu du droit de l'exploitation. Actuellement, les pays réclament une autorité nationale, jusqu'à des limites diverses, mais celle-ci ne leur est pas nécessairement reconnue. En outre, le Canada est impliqué dans des conflits territoriaux avec les États-Unis dans quatre régions, et avec la France. Les lois fédérales et provinciales en vigueur, qui sont elles-mêmes contradictoires, ne règlent que la question des ressources pétrolières, ce qui laisse supposer que les autres ressources des fonds marins devront attendre, peut-être encore plusieurs années, une éventuelle loi sur les plateaux continentaux canadiens. Ces questions sont importantes pour les géoscientifiques, puisque l'obligation nationale d'inventorier et de réglementer les ressources, de même que le droit de les exploiter, doivent être régis par une loi.

M. C.E. Keen et autres et M. M.J. Keen examinent tour à tour le rôle du Canada dans le domaine géoscientifique marin international. Selon M. C.E. Keen et autres, la forte collaboration internationale observée dans le domaine géoscientifique marin s'explique en partie par l'absence de droits territoriaux juridiquement reconnus, et en partie par le jeune âge de la collectivité géoscientifique en milieu marin, ainsi que par l'immensité et le caractère inexploré des océans. Le Canada participe activement à plusieurs programmes importants, mais sa contribution financière demeure minime. Les deux documents soulignent la nécessité d'accroître les ressources financières afin de permettre au Canada de prendre part à des programmes internationaux, compte tenu des nombreux avantages que pourrait lui procurer une collaboration dans la recherche et la saisie des données.

M. R.D. Johnson indique que les provinces participent peu, de façon directe, aux sciences de la Terre en milieu marin. Il est vrai qu'indirectement, elles contribuent à financer des universités qui font de la recherche marine, mais leur apport n'en demeure pas moins minime. De plus, certains organismes, comme C-CORE (Centre for Cold Ocean Research Engineering), et la Research Foundation Corporation de la Nouvelle-Écosse, qui sont financés en partie par les provinces, exécutent différents genres de travaux en vertu de contrats. La plupart des provinces actives dans ce domaine limitent leurs études aux côtes ou aux avant-plages, sauf Terre-Neuve, qui ne reconnaît pas au gouvernement fédéral la propriété des ressources au large des côtes et qui, par conséquent, se charge elle-même de cet aspect de la question. Si jamais on établissait le droit juridique des provinces aux ressources au large des côtes, il est probable que la participation des provinces aux sciences de la Terre en milieu marin augmenterait considérablement.

LES SCIENCES DE LA TERRE EN MILIEU MARIN AU GOUVERNEMENT FÉDÉRAL – M.J. Keen, avec le concours de P.G. Sly, R.D. Hyndman et C.P. Lewis

Les sciences de la Terre en milieu marin intéressent de nombreux ministères du gouvernement du Canada. Si certains ministères, comme celui de l'Énergie, des Mines et des Ressources, ont des intérêts immédiatement évidents dans ce domaine, beaucoup de ministères et organismes fédéraux jouent un rôle très important même s'il n'est pas très visible aux yeux du public. La participation des employés d'un ministère à tel ou tel secteur d'activité, comme les sciences de la Terre en milieu marin, est déterminée d'abord et avant tout par une loi du Parlement canadien, qui dicte la nature du service à offrir au public, et par la façon dont elle est interprétée par le ministère en question. Ici le mot "service" est utilisé dans son sens très large; la production de cartes géologiques du Canada est évidemment un service, mais il peut s'agir aussi de réglementer une activité telle que le forage de puits d'exploration au large des côtes, de manière à faire en sorte dans la mesure du possible que les avantages pouvant en être retirés ne soient pas neutralisés par les catastrophes possibles. Comme il serait trop long de présenter un compte rendu détaillé de tous les textes de loi qui régissent les activités de tous les ministères et organismes, on se contentera de formuler quelques commentaires pour illustrer des points particuliers.

D'année en année, les activités exécutées à l'intérieur d'un domaine donné sont basées sur les dépenses autorisées annuellement par le Parlement; le Budget principal, ou Livre bleu, rend compte des programmes proposés au Parlement. Ce budget décrit les activités et les crédits qui leur sont alloués, en les groupant par programmes. Toutefois, les programmes (de services) ne correspondent pas toujours précisément à des unités d'organisation, et les rapports entre les uns et les autres se modifient avec le temps. Une unité d'organisation, comme la Commission géologique, est évidemment plus familière au non-initié que le programme qui sert à la financer. Dans les comptes rendus qui suivent, l'auteur a extrait des parties de programmes du Budget principal en faisant en sorte qu'elles correspondent le plus possible à des unités d'organisation, ce qui déforme un peu la réalité.

Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources

Secteur des sciences de la Terre

De loin la plus grande contribution du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources à la recherche scientifique et technique dans le domaine des sciences de la Terre en milieu marin provient du Secteur des sciences de la Terre, par l'entremise de ses diverses directions, notamment la Commission géologique du Canada, la Direction de la physique du globe, le Projet du plateau continental polaire et les Levés et la cartographie.

Les travaux au large des côtes entrepris par ce Secteur s'inscrivent en bonne partie dans un Programme dont l'objectif est d' "Assurer la disponibilité d'informations, de techniques et de services d'experts relativement aux sciences de la Terre en temps opportun pour la gestion efficace du territoire canadien et de ses ressources, pour l'utilisation et la délimitation des terres, le développement des industries primaires, l'expansion régionale et urbaine, les transports, les télécommunications et la défense". Les diverses parties de ce programme, de même que leurs sous-objectifs, correspondent à la division du Secteur en directions.

Commission géologique du Canada

Le gros du travail de la Commission en sciences de la Terre en milieu marin est concentré dans la Division de l'Institut océanographique Bedford, à Dartmouth (Nouvelle-Écosse), et au Centre géoscientifique du Pacifique, qui fait partie de la Division de la Cordillère.

Centre géoscientifique de l'Atlantique. Le Centre est une division de la Commission et un des laboratoires de l'Institut océanographique Bedford. L'Institut comme tel, qui est un important centre de laboratoires, sera décrit dans la section qui porte sur le ministère des Pêches et des Océans. Cependant, il est important de souligner les excellentes relations qui existent entre le Centre géoscientifique de l'Atlantique et les autres laboratoires de l'Institut, de même

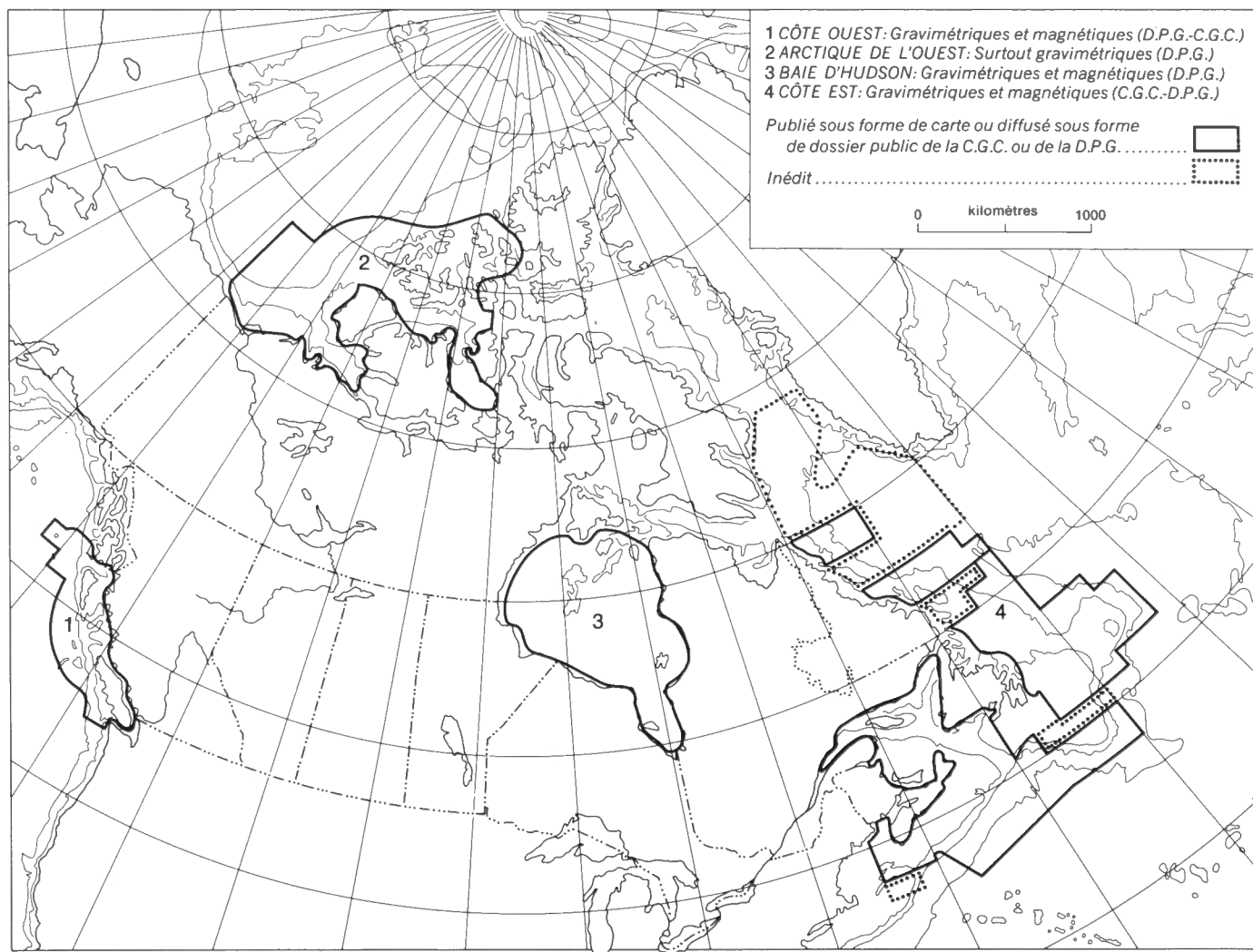


Figure 3.1. Etat de la cartographie des régions au large des côtes, 1981. Source: Commission géologique du Canada et Direction de la physique du Globe.

que les services que Pêches et Océans offre à la Commission géologique du Canada par l'entremise du Centre géoscientifique de l'Atlantique.

Le Centre géoscientifique de l'Atlantique est la principale organisation qui s'occupe de toutes les recherches géologiques et géophysiques effectuées par le Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources en milieu marin, de la frontière internationale jusqu'à la baie Baffin, sauf dans le domaine du contrôle et de l'évaluation du risque sismique, qui relève de la Direction de la physique du globe; de plus, il assume une part des travaux exécutés dans la mer de Beaufort, dans les chenaux interinsulaires de l'Arctique et dans l'océan Arctique. Le Centre se charge également de toutes les régions côtières, sauf la côte Ouest; les employés travaillent de temps à autre dans les bassins océaniques contigus.

Les programmes du Centre sont essentiellement conçus de manière à ce que la Commission géologique du Canada puisse offrir des conseils et des informations au sujet des problèmes qui se posent en milieu marin et qui sont importants pour le Canada; il ne s'agit pas seulement de problèmes qui sont importants aujourd'hui, mais également de ceux qui le deviendront.

Cartographie de la roche en place et de la géologie de surface; cartes de possibilités du terrain. Les programmes de cartographie portent sur la géologie de surface, la géologie de la roche en place et la mesure du potentiel. Une bonne partie de ce travail est exécutée en collaboration avec le Service hydrographique du Canada dans le cadre d'un programme des levés multiparamétriques dont il sera question plus loin, et les mesures de la pesanteur sont intégrées dans la base de données de la Division de la gravité de la Direction de la physique du globe. Ces travaux ont plusieurs conséquences pratiques importantes, dont voici des exemples. (1) Les travaux de cartographie géologique réalisés au large de l'île du Cap-Breton ont contribué à délimiter 1 milliard de tonnes de charbon au large de Sydney, dont la Nouvelle-Écosse a besoin pour alimenter ses centrales au charbon. (2) Grâce à des cartes de la géologie de surface du plateau de la Nouvelle-Écosse, on a pu établir des tracés possibles pour les gazoducs reliant l'île de Sable au continent. (3) Des suintements de pétrole et des roches pétrolifères ont été découverts au large de l'île Baffin et dans le détroit de Davis. (4) Le pétrole extrait à Hibernia doit être acheminé vers les côtes par pipeline ou par pétrolier; or, les données géologiques obtenues par le Centre démontrent qu'un pipeline pourrait poser des difficultés parce que les roches paléozoïques (indurées) de l'affleurement des Appalaches se prolongent à l'est de Terre-Neuve et que l'enfouissement d'un pipeline dans ces roches pour échapper à l'action érosive des icebergs pourrait être difficile.

Ces travaux alimentent d'autres programmes. Ils servent, par exemple, à compiler les données géologiques nécessaires à l'évaluation des ressources. L'information obtenue au sujet du potentiel (fig. 3.1) a bien servi à la modélisation du développement géologique de la partie sous-marine des Appalaches, de la mer du Labrador et de la baie Baffin, de même qu'à l'élaboration des modèles thermomécaniques des marges à rifts au large des côtes est de l'Amérique du Nord.

La cartographie géologique et géophysique au large des côtes est tributaire de la technologie. Les progrès qui ont eu une importance déterminante pour ces programmes ont eu lieu dans le domaine de la navigation (grâce au Service hydrographique du Canada), dans l'échantillonnage au moyen de forages de reconnaissance géologique (grâce au Laboratoire océanographique de l'Atlantique et à l'Université Dalhousie) et dans l'élaboration de profils sismiques à haute définition (grâce à un contrat avec la Huntex ('70) Ltd.).

Cartographie des ressources. Depuis une quinzaine d'années, en collaboration avec le Service hydrographique du Canada, la Commission géologique du Canada a exécuté, au large de la côte Est canadienne, des mesures systématiques du champ magnétique, du champ de la pesanteur et de la bathymétrie correspondante; plus récemment, elle a établi des profils par sismique-réflexion et par balayage latéral.

Jusqu'à maintenant, elle a couvert en entier le golfe Saint-Laurent, les Grands Bancs et la queue des bancs. L'espacement des lignes de la mer du Labrador a été réduit à 5 milles marins; on s'est rendu à 20 milles marins dans environ 85 % du talus continental de la Nouvelle-Écosse et dans près de 65 % du détroit de Davis. Pour l'instant, on envisage de terminer la couverture des zones marines de la côte Est jusque dans le nord de la baie Baffin.

Processus de la croûte. Il est important de pouvoir établir des modèles quantitatifs du développement des marges à rifts au large de la côte Est et dans l'Arctique, ainsi que des bassins océaniques adjacents, de manière à retracer leur évolution et l'histoire de leurs propriétés physiques. Aussi, un certain nombre d'expériences sismiques ont été effectuées pour déterminer les propriétés physiques de la croûte et de la lithosphère à l'aide de sismomètres de fonds marins; les données fournies par les puits de l'industrie apportent des renseignements sur l'histoire des mouvements verticaux qui se sont opérés sous la marge continentale. Les études sismiques ont été réalisées sur une croûte océanique de formation récente, à savoir la crête Nansen du bassin de l'océan Arctique (Expérience FRAM) où l'expansion s'accomplit très lentement, dans la mer du Labrador et la baie Baffin, sur les portions les plus anciennes de la croûte océanique de l'Atlantique (Expérience LADLE ou Lesser Antilles Deep Lithosphere Experiment) et sur la partie est de la marge continentale du Canada. Les résultats de ces expériences ont apporté une large contribution à des études théoriques qui ont eu des conséquences importantes. Les scientifiques disposent maintenant d'un modèle thermomécanique de la marge, qui les renseigne sur les anomalies de la pesanteur observées, sur la thermodynamique et sur la maturation des roches mères. Ils possèdent également un modèle qui prévoit les propriétés des portions de croûte océanique qui ont des taux d'expansion variables. C'est un facteur dont on ne tenait pas compte auparavant; pourtant, la solution provient des données recueillies sur les crêtes où l'expansion se fait le plus lentement, comme la crête Nansen.

Processus géologiques récents. Des études sur les processus récents se font dans la plupart des milieux au large des côtes (fig. 3.2) du Canada. (1) Les travaux portant sur le régime côtier s'inscrivent dans un programme qui vise à dresser la carte des côtes du Canada et à comprendre les principaux processus géologiques mis en jeu. Ils sont réalisés en collaboration avec divers autres organismes dont il est question ailleurs dans ce rapport. Les activités dans ce domaine se sont révélées particulièrement importantes lorsque le Kurdistan a sombré en 1979 au large du Cap-Breton. Le ministère des Transports s'en sert abondamment pour planifier les aménagements portuaires dans les îles de l'Arctique, et le ministère de l'Environnement se base sur elles pour mettre sur pied ses mesures de lutte contre les déversements de pétrole en mer; en outre, comme tous les travaux axés sur les processus récents, elles produisent des données de base importantes pour les évaluations environnementales. La compréhension des processus côtiers dans les îles-barrières du golfe Saint-Laurent a permis de mettre au point des modèles de faciès qui sont utiles aux géologues travaillant sur terre. (2) Des travaux ont été entrepris dans la baie de Fundy pour tâcher de répondre à la question suivante: si un barrage marémoteur était construit

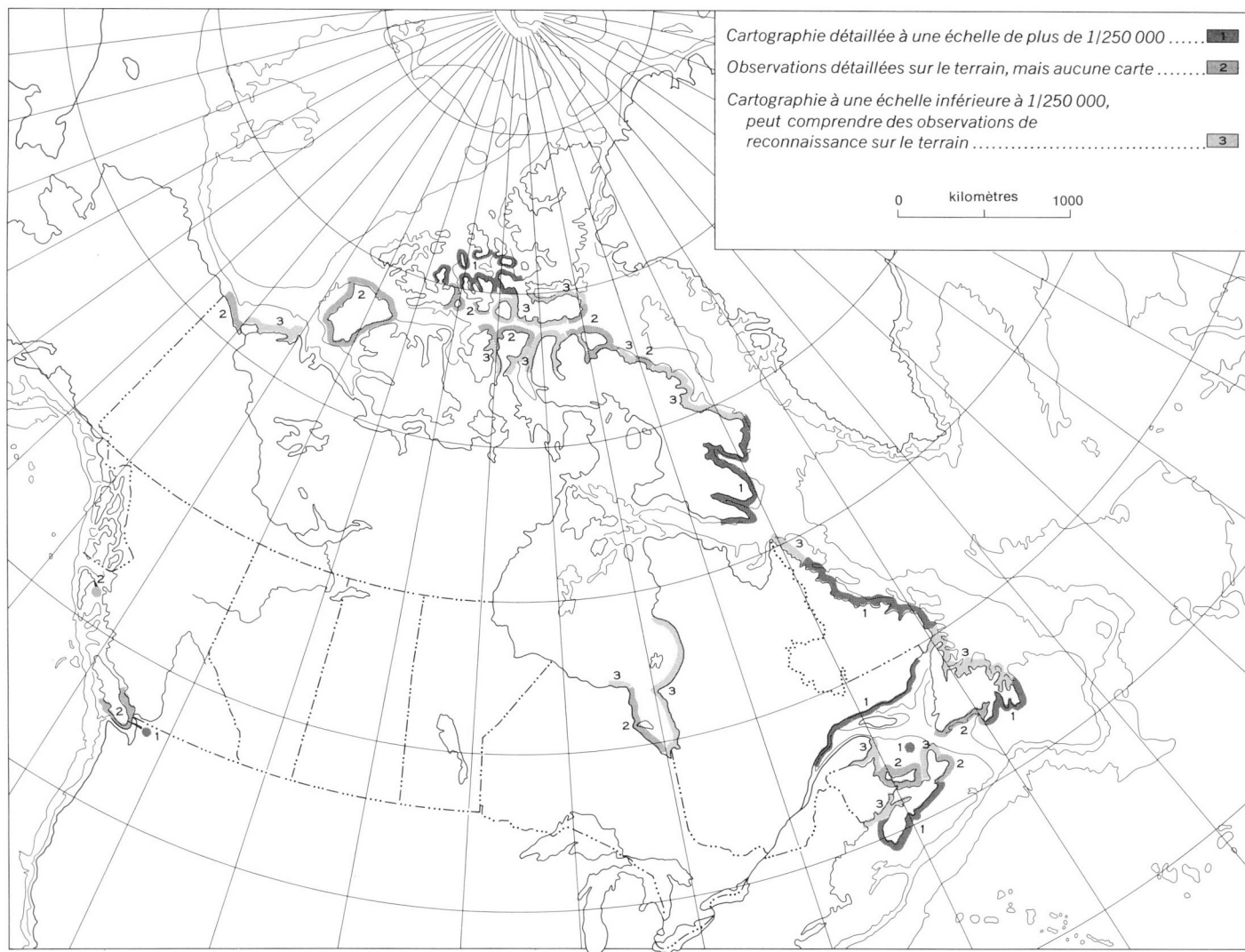


Figure 3.2. Emplacements des études effectuées sur les côtes par divers organismes, jusqu'en 1981.
Source: Commission géologique du Canada.

dans un des bassins, la charge sédimentaire remplirait-elle le bassin de tête? Pour ce faire, on a soumis des images prises par satellite à des applications intéressantes, afin de déterminer la concentration de sédiments en suspension dans un régime dont les propriétés se modifient rapidement sous l'action des marées hautes et des courants forts et où les techniques d'échantillonnage habituelles sont insuffisantes. (3) La région de Hibernia est actuellement le théâtre d'un programme intégré dans lequel on étudie la géologie de la roche en place et de la surface, le mouvement des sédiments et l'érosion glaciaire et qui permettra au Centre de porter des jugements éclairés sur les projets de mise en valeur du gisement. (4) Les affouillements des icebergs (fig. 3.3) font l'objet d'études systématiques sur le plateau de l'est et de l'Arctique, en collaboration avec d'autres organismes comme le C-CORE de l'Université Memorial. Ce travail, qui a pour but de prévoir les effets de l'action érosive des icebergs dans différentes régions, consiste notamment à dresser la carte des régions de façon répétitive, afin de déceler de nouvelles zones d'affouillement, et à étudier le rythme de remplissage des cavités ainsi creusées de manière à déterminer l'âge des affouillements plus anciens. (5) Dans la mer de Beaufort, le Centre mène un programme conjointement avec l'industrie, d'autres divisions de la Commission et la Direction de la physique du globe. Il tente d'élaborer un modèle qui rendrait compte du développement de la mer de Beaufort au cours du

Quaternaire et intègre ses études régionales avec les études plus ponctuelles de l'industrie. (6) Il a accompli beaucoup de travaux en collaboration avec des organismes comme le Laboratoire océanographique de l'Atlantique dans des inlets de la côte Est, afin d'établir, par exemple, les relations entre le débit des cours d'eau et le transport des sédiments. Ces relations sont importantes lorsqu'il s'agit de définir les rapports entre les tendances climatiques et le cycle hydrologique local; dans les inlets comme le fjord Saguenay, les études géologiques et isotopiques peuvent, dans des conditions favorables, porter sur des périodes aussi courtes qu'un an. Il est donc possible de résoudre les problèmes des variations climatiques dont les durées varient entre quelques dizaines et quelques centaines d'années. (7) Dans d'autres travaux réalisés dans des inlets, on s'est penché sur les chemins empruntés par les substances chimiques provenant de réseaux de drainage naturels et de sources de pollution possibles, en tâchant plus particulièrement de déterminer les mécanismes de transport et de dépôt de métaux dans les estuaires et dans les eaux côtières. Par exemple, on cherche à connaître le temps de séjour des métaux dans les estuaires et en haute mer. Des études sur les métaux de transition comme le mercure, le cadmium et le plomb ont été effectuées dans les régions industrialisées du détroit de Canso, dans la baie des Chaleurs et la baie Miramichi.

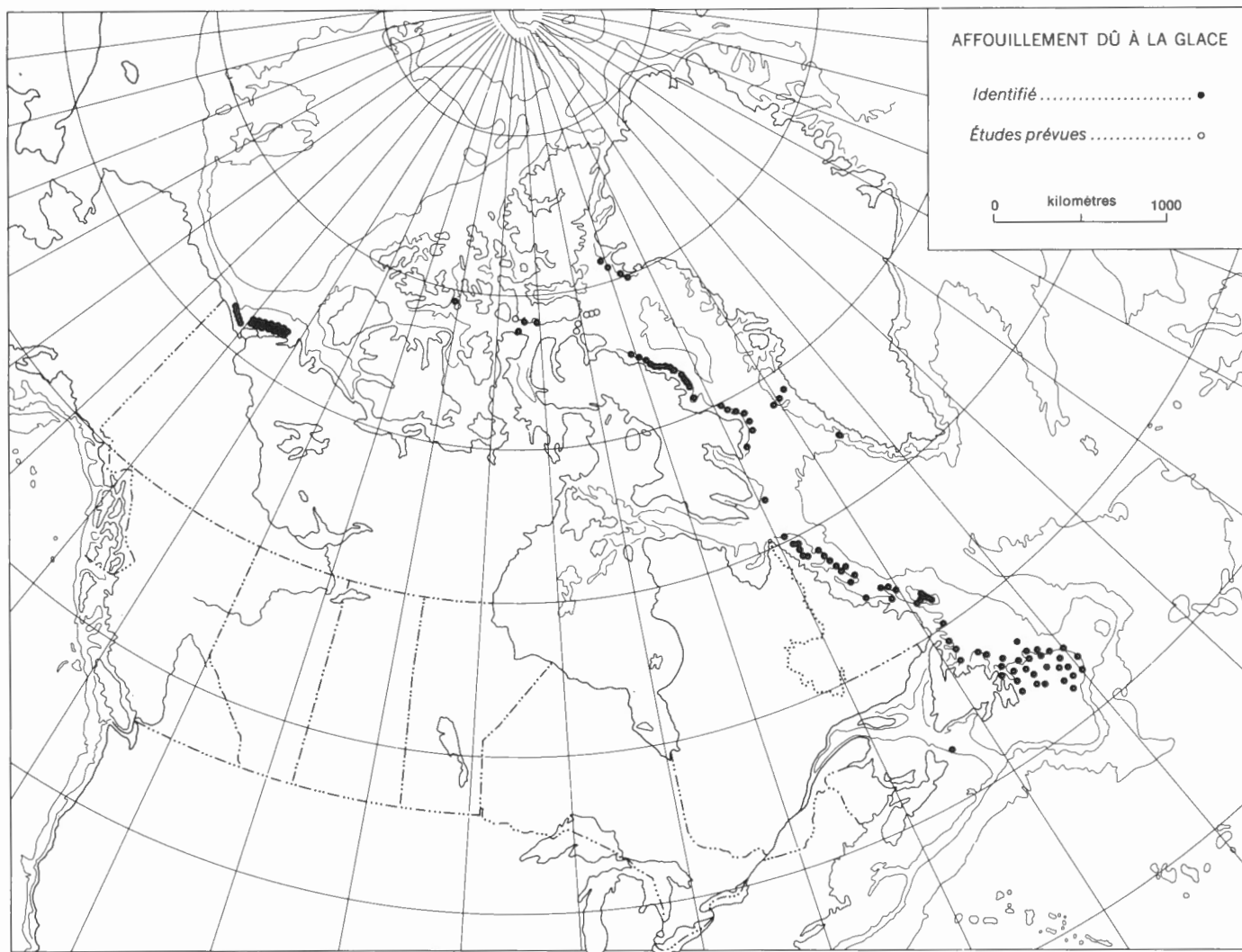


Figure 3.3. Emplacements des études effectuées sur l'érosion glaciaire jusqu'en 1981, y compris les marques d'érosion anciennes et récentes.

Plusieurs pays considèrent la possibilité d'utiliser certaines zones appropriées des fonds marins pour entreposer des déchets très radioactifs, afin d'éliminer les risques qu'ils présentent pour l'Homme. La plupart d'entre eux participent au Groupe de travail sur les fonds marins de l'Agence pour l'énergie nucléaire, qui est membre de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). Les Canadiens ne pourront se prononcer avec confiance sur la possibilité d'utiliser les fonds marins que s'ils entreprennent leurs propres études à ce sujet. C'est ainsi qu'un petit groupe de scientifiques du Centre géoscientifique de l'Atlantique mène un programme de petite envergure, à caractère essentiellement géochimique, qui est financé en partie par l'Énergie atomique du Canada, Ltée.

Ce programme vise à déterminer la capacité des sédiments des fonds marins de faire fonction d'obstacle naturel à la diffusion des radionucléides. Des travaux se poursuivent dans plusieurs parties des bassins océaniques et comprennent les sujets suivants: étude de la stratigraphie régionale au moyen de méthodes sismiques à haute résolution; analyse chimique des sédiments et de leurs eaux interstitielles afin de déterminer la séparation chimique des oligo-éléments; mesure du flux de chaleur pour déterminer la diffusion par advection (en collaboration avec la Direction de la physique du globe); stabilité des sédiments; mobilité

ionique. Les recherches sur les argiles marines peuvent, bien entendu, contribuer à résoudre les problèmes que pose l'élimination des déchets en milieu terrestre, où les argiles servant de remblai peuvent faire fonction de barrière naturelle, à moins de rencontrer une nappe d'eau souterraine.

Les sédiments des fonds marins ne constitueraient évidemment qu'une barrière de premier ordre; pour estimer les risques que comporte l'entreposage des déchets sur les fonds marins, il faut considérer les effets produits par des matières qui s'échapperaient des sédiments, ainsi que la possibilité que des accidents se produisent au cours de la mise en place des déchets. Ces événements pourraient introduire des rayonnements dans le benthos des eaux profondes et dans les océans comme tels. D'un point de vue scientifique, les déchets fortement radioactifs posent à peu près les mêmes problèmes que les déchets qui le sont moins, et des laboratoires canadiens comme le Laboratoire océanographique de l'Atlantique du ministère des Pêches et des Océans se sont distingués dans ce domaine sur la scène internationale, en travaillant avec des organismes tels que l'Agence internationale de l'énergie atomique et l'Agence pour l'énergie nucléaire (dont il est question ci-dessus). Les chercheurs sont en train de modéliser les effets des déchets très radioactifs sur les océans. Des Canadiens apportent une importante contribution à ce travail, par l'entremise de

l'organisme connu sous le nom de GESAMP (Groupe d'experts sur les aspects scientifiques de la pollution marine). Ce groupe travaille sous l'égide de divers organismes des Nations Unies sous la direction d'un Canadien du Laboratoire océanographique de l'Atlantique.

Géologie régionale des bassins sédimentaires. Ce programme a pour objectifs d'approfondir la compréhension de la géologie sous-marine des bassins sédimentaires paléozoïques-cénozoïques de la région au large de la côte Est du Canada, de l'est de l'Arctique et de l'Atlantique Nord et d'établir les estimations les plus précises possibles des ressources en pétrole et en gaz de ces bassins. Des études analogues sont également effectuées sur les bassins carbonifères des provinces de l'Atlantique; on mesure les réserves de charbon et leurs propriétés à la fois dans des gisements terrestres et marins. On reconstitue la géologie régionale d'après les données fournies par l'industrie, ce qui comprend des enregistrements sismiques multi-canaux, des échantillons et rapports de puits, ainsi que des programmes internes comme la cartographie de la roche en place et la saisie de données gravimétriques, magnétiques et de réfraction.

Ce programme a permis d'exécuter des travaux définitifs sur la géologie sous-marine du plateau de la Nouvelle-Écosse, des Grands Bancs, du plateau du Labrador et de l'Atlantique Nord, ainsi que des cartes indiquant la géologie et l'épaisseur des sédiments de la marge continentale canadienne. Par la suite, on s'est employé à élaborer des modèles prévisionnels en vue de mettre en corrélation la géologie du talus et du plateau d'une part et celle des bassins océaniques profonds de l'Atlantique Nord d'autre part. D'autres études sont également prévues dans les bancs de carbonate de la fin du Jurassique et du début du Crétacé qui encerclent l'Atlantique Nord, et on compte également comparer les régimes des marges passives et actives. La participation canadienne au Projet de forage en eaux profondes s'est poursuivie au cours de tous ces travaux.

Études stratigraphiques. Les études géologiques régionales sont fondées sur des analyses biostratigraphiques et litho-stratigraphiques des échantillons prélevés dans des puits sous-marins. Les groupes de fossiles utilisés pour mettre en corrélation les sédiments et déterminer les paléo-environnements comprennent des foraminifères, des ostracodes, des dinoflagellés, des spores et des nanno-planctons. Le cadre biostratigraphique qui a été établi pour le Mésozoïque-Cénozoïque permet d'effectuer des rapprochements avec les sédiments en eaux profondes des coupes types de l'Atlantique Nord et de l'Europe. Des efforts considérables ont été consacrés au perfectionnement de la biostratigraphie, notamment par l'introduction de techniques quantitatives qui font appel à un logiciel complexe.

L'évaluation des roches mères, qui revêt beaucoup d'importance pour la recherche du pétrole et du gaz, fait intervenir une analyse visuelle du kerogène ainsi que l'observation de la réflectance de la vitrine. Des travaux de géochimie organique se font à Calgary. On se basera sur ces données pour élaborer des modèles prévisionnels de la production d'hydrocarbures sur la marge continentale canadienne et, par le fait même, sur d'autres marges continentales passives. Il est prévu d'apporter d'autres raffinements à ces études au cours des dix prochaines années.

Mise au point des instruments et gestion des données. Pour être en mesure de travailler en mer ou sur la glace, il faut disposer de matériel, apporter des perfectionnements aux instruments et assurer la gestion d'un volume de données imposant. À cet égard, on ne manquera pas de mentionner que le Centre a mis au point ses propres sismomètres de

fonds marins, et un instrument qui permet d'observer les processus particuliers aux sédiments sur les fonds marins. Le Centre a collaboré avec d'autres organismes dans divers autres travaux de mise au point, ainsi qu'on le verra dans ce rapport. Des bases de données ont été constituées pour des études palynologiques de diverses sortes, et pour la gestion des données sur le potentiel et sur la bathymétrie. La Huntec ('70) Ltd. a pour sa part mis au point un sondeur sismique à pouvoir séparateur élevé, remorqué en eaux profondes, ainsi que des programmes d'analyse acoustique en temps réel pour dresser la carte des sédiments de la surface des fonds marins; elle l'a fait en vertu d'un contrat du gouvernement du Canada, dans lequel le Centre faisait office d'autorité scientifique et dont plusieurs organismes ont assuré le financement.

Division de la géophysique et de la géochimie appliquées, Ottawa. Les employés de cette division apportent leur contribution aux études sismiques du pergélisol, des sédiments liés par de la glace et des hydrates de gaz, en particulier dans la mer de Beaufort, où ils travaillent en étroite collaboration avec le Centre géoscientifique de l'Atlantique et la Direction de la physique du globe. Périodiquement, cette division organise des vols et des levés aéromagnétiques à basse altitude dans les bassins océaniques contigus au Canada (fig. 3.4), comme elle l'a déjà fait, par exemple, dans le cadre de l'expérience de la crête Lomonosov. Dans certains cas, elle s'associe à l'Établissement aéronautique national, qui dispose d'un aéronef bien équipé. La Division a compilé des données aéromagnétiques pour tout le Canada au nord du 60^e de latitude Nord, ce qui comprend à la fois la terre et les eaux; les données fournies par l'industrie ont été importantes à ce travail.

Division de la science des terrains, Ottawa. Cette Division a eu une influence majeure sur les programmes marins de la Commission, puisque, jusqu'à récemment, elle comportait un groupe d'études côtières et marines, qui vient d'être cédé au Centre géoscientifique de l'Atlantique et au Centre géoscientifique du Pacifique. C'est dans cette division que se trouve l'essentiel des connaissances sur les processus glaciaires et la stratigraphie du Quaternaire, acquises par suite de travaux exécutés à travers tout le Canada. En conséquence, dans certains domaines (en particulier en milieu côtier), il y a beaucoup d'interaction entre elle et les centres géoscientifiques de l'Atlantique et du Pacifique; la Division de la science des terrains entreprend actuellement une compilation des données sur les variations du niveau des mers et sur le soulèvement côtier. Elle est chargée par la Direction de consolider et de coordonner une bonne partie de la géologie du Quaternaire dans l'Arctique. Un des scientifiques de la Division travaille à la Division de la Cordillère, à Vancouver, et participe à l'occasion à des études côtières.

Institut de géologie sédimentaire et pétrolière, Calgary. Cette division de la Commission est chargée de l'étude des roches d'âge phanérozoïque et protérozoïque de la partie est de la Cordillère, des plaines Intérieures et du Nord du Canada. Par conséquent, cette division étudie la roche en place et la géologie profonde du delta du Mackenzie, de la mer de Beaufort et des îles de l'Arctique (fig. 3.5), en se servant des puits de l'industrie pour alimenter ses bases de données. Elle apporte une contribution analogue à celle du Centre géoscientifique de l'Atlantique en ce qui concerne les bassins sédimentaires du Mésozoïque-Cénozoïque de l'Arctique et des régions au large des côtes, comme dans ses études biostratigraphiques et ses synthèses géologiques. La Division étant le principal organisme chargé des levés de géochimie organique, elle s'intéresse à des puits de toutes les

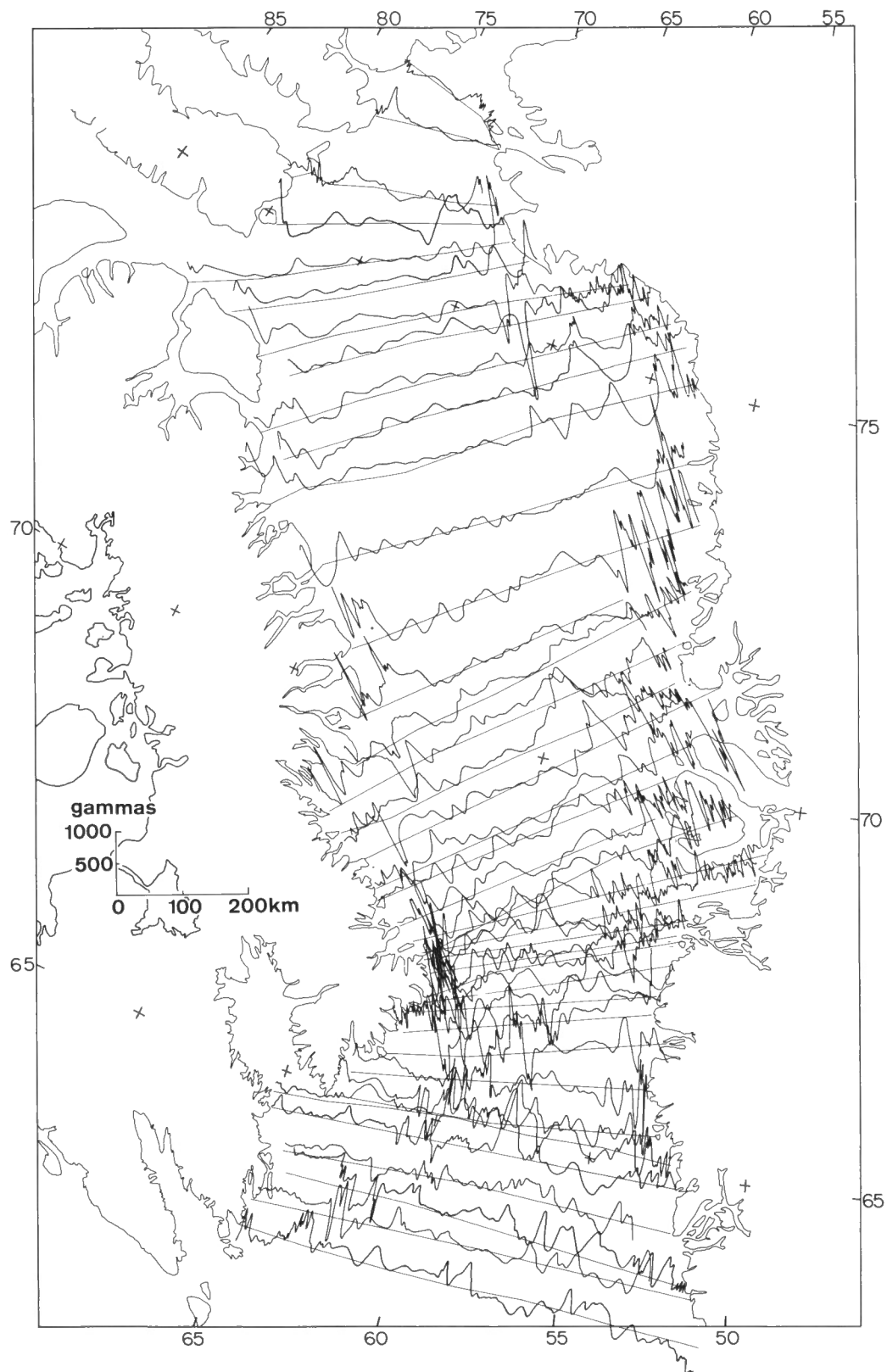


Figure 3.4. Profils aéromagnétiques enregistrés dans la baie Baffin et le nord de la mer du Labrador par l'appareil North Star du National Aeronautical Establishment, avec le concours de la Commission géologique du Canada. Les anomalies d'ondes courtes produites par le basalte du Tertiaire dans la région du détroit de Davis produisent des courbes particulières. L'anomalie en forme de U relevée dans la région de la baie Melville, dans l'ouest du Groenland, reflète la présence d'un graben rempli de sédiments qui longe la côte du Groenland (tiré de Hood, P. et M.E. Bower, 1975, *Canadian Society of Petroleum Geologists*, mémoire 4, p. 433 à 451).

régions pionnières, dont beaucoup se trouvent au large des côtes. Elle est aussi chargée du programme d'inventaire des hydrocarbures du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, dont il est question ailleurs dans ce rapport. C'est à l'Institut que sont entreposés les échantillons et carottes provenant des puits situés au nord du 60^e de latitude Nord, qui relèvent du ministère des Affaires indiennes et du Nord, et des puits situés dans le Pacifique, qui relèvent de la Direction de la gestion des ressources du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources.

Direction de la physique du globe

Les activités de la Direction de la physique du globe en sciences de la Terre en milieu marin relèvent de cinq programmes nationaux (programmes gravimétrique, géodynamique, sismologique, géothermique et géomagnétique), qui sont dirigés par le bureau d'Ottawa du Centre géoscientifique du Pacifique.

Division de la gravité, de la géothermique et de la géodynamique. La Division de la gravité, de la géothermique et de la géodynamique de la Direction de la physique du globe s'occupe des programmes de gravimétrie du gouvernement fédéral dans tout le Canada, y compris les zones au large des côtes (fig. 3.6)*. La Division dresse les cartes du champ des

anomalies gravimétriques sur toutes les régions marines du Canada, sauf au large de la côte Est, où ce travail est confié au Centre géoscientifique de l'Atlantique. Dans le cadre de ce programme, la Division exécute des travaux de recherche et de développement sur du matériel et du logiciel servant à la saisie et à la réduction des données gravimétriques marines. En outre, elle voit à la mise à jour du Réseau canadien de normalisation gravimétrique, qui établit des points de référence et des échelles normalisées aux fins des levés gravimétriques sur terre et en mer, ainsi que la Base nationale de données gravimétriques, qui procure des données gravimétriques et autres à des utilisateurs des secteurs public et privé, tant au pays qu'à l'étranger. La base de données sert également à des études géodésiques internes, de même qu'à des études qui contribuent à approfondir la compréhension des structures géologiques locales et des contextes géologiques régionaux au Canada et au large des côtes. La Division travaille en collaboration avec un certain nombre d'organisations; avec le Centre géoscientifique de l'Atlantique, elle procède à des mesures gravimétriques en mer, avec le Service hydrographique du Canada (qui exécute les travaux bathymétriques nécessaires à la réduction et à l'interprétation des observations gravimétriques), elle procède à des mesures gravimétriques sur la glace de mer, avec l'Étude du plateau continental polaire, qui assure le soutien logistique nécessaire, elle effectue bon nombre de travaux dans l'Arctique. La Division a joué un rôle de

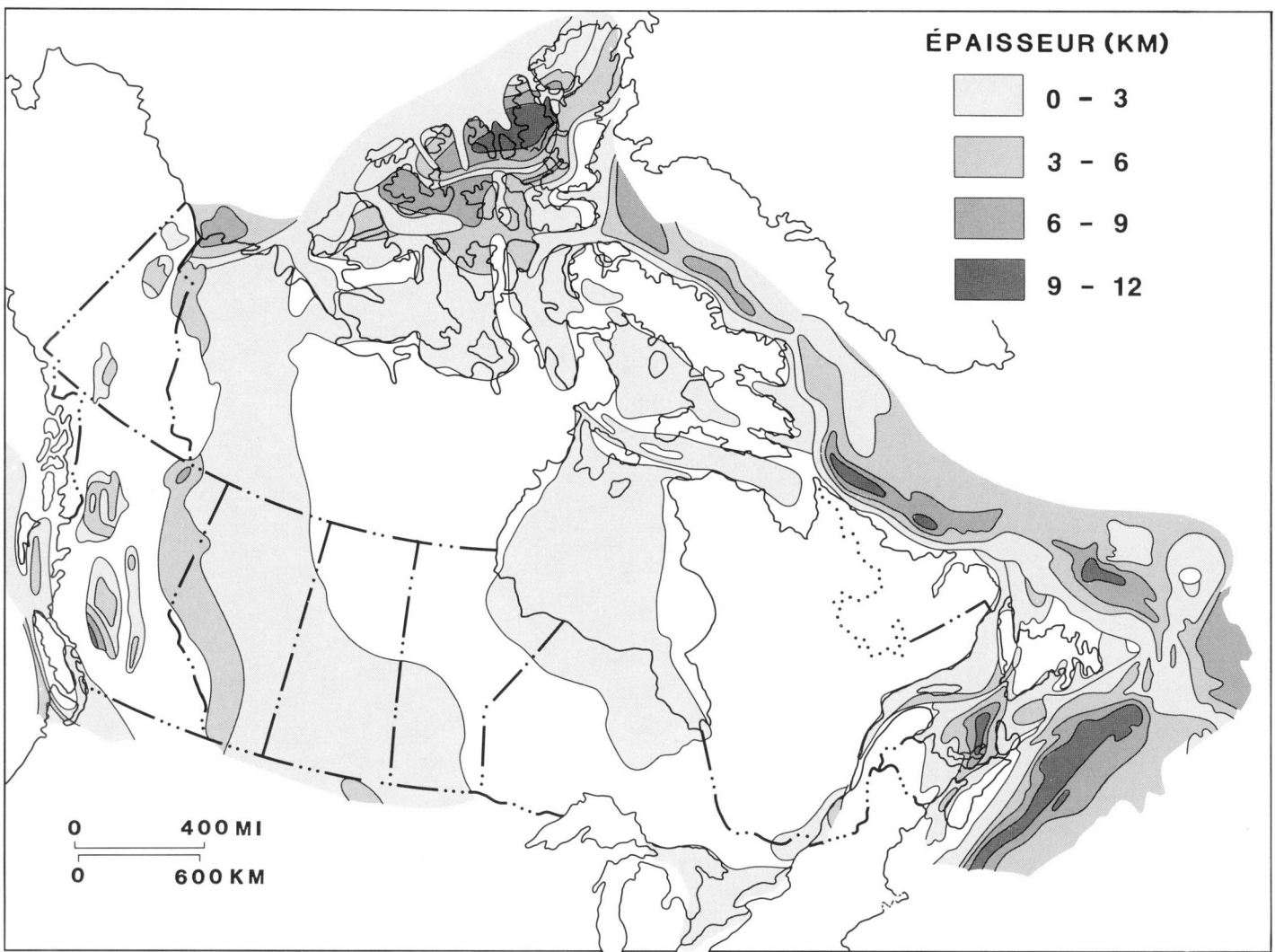


Figure 3.5. Répartition et épaisseur des bassins sédimentaires du Canada, sur terre et en mer.

* Voir à l'intérieur de la page couverture.

premier plan dans l'expérience de la crête Lomonosov, dans le bassin de l'océan Arctique (LOREX) et a commencé à élaborer les plans de l'expédition canadienne qui a pour but d'étudier la crête Alpha (CESAR) en 1983.

La Division exécute un large éventail d'études géothermiques, notamment un vaste programme de recherches sur la répartition et la physique des phénomènes du pergélisol et des hydrates de gaz dans tout le Nord, y compris en milieu marin. La recherche fondamentale sur la physique des phénomènes du pergélisol est faite en bonne partie, en vertu de contrats, en collaboration avec des groupes universitaires.

Division de la sismologie et du géomagnétisme. La Division de la sismologie et du magnétisme est l'organisme du gouvernement fédéral chargé d'exploiter les réseaux sismiques nationaux du Canada, de calculer la sismicité et d'effectuer des évaluations du risque sismique au Canada, sur terre et au large des côtes. Elle effectue des études sismiques de la croûte et de la lithosphère dans tout le pays, au large de la côte Ouest, dans les îles de l'Arctique et dans l'océan Arctique.

La Division a pour mandat de fournir des informations sur la direction et l'intensité du champ magnétique de la Terre au-dessus du territoire canadien et des eaux adjacentes (fig. 3.7), en vue de nombreuses applications comme la navigation et l'exploration géophysique. L'information magnétique figurant sur les cartes actuellement en usage est basée sur des levés aériens dans lesquels sont mesurées les trois composantes du champ magnétique sur des lignes espacées d'environ 50 km, levés que la Division a effectués entre 1969 et 1976 et qui ont été mis à jour à l'aide d'observations par stations terrestres et satellites.

La Division étudie la structure et l'histoire de la croûte terrestre, non seulement à travers ses propriétés magnétiques révélées par les anomalies magnétiques et les indices paléomagnétiques, mais aussi à travers ses propriétés électriques, qui sont déduites de l'étude de l'induction électromagnétique produite par des variations magnétiques naturelles. Les champs magnétiques variables dans le temps et, plus récemment, les champs électriques ont été enregistrés sur les fonds marins à l'ouest de l'île Vancouver, à l'aide d'instruments logés dans les mêmes enveloppes sphériques et déployés de la même façon que les sismomètres de fonds marins de la Direction. Depuis de nombreuses années, la Division mène des expériences d'induction électromagnétique sur la glace de mer de l'océan Arctique, au moyen de stations d'enregistrement non habitées qui sont mises en place par des aéronefs. Récemment, des observations magnétotelluriques faites sur la crête Lomonosov ont donné d'excellents résultats. Dans le cadre de cette expédition, la Division a également utilisé des gradiomètres magnétiques, un magnétomètre à protons à la surface, et un autre suspendu à 200 m de profondeur.

Les divisions sont souvent appelées à fournir des conseils à l'industrie et à des organismes de réglementation au sujet du risque sismique et des problèmes liés au pergélisol, et elles participent activement à l'examen des déclarations d'effets environnementaux que suscitent les grands projets de mise en valeur et de construction sur terre et au large des côtes.

Direction de la physique du globe et Commission géologique du Canada

Centre géoscientifique du Pacifique. Le Centre géoscientifique du Pacifique est un des laboratoires de l'Institut des sciences océaniques situé à la baie Patricia, à Sydney (Colombie-Britannique), dans l'île Vancouver.

(L'Institut comme tel est décrit dans la partie du rapport qui traite du ministère des Pêches et des Océans.) Le Centre est formé d'employés de la Direction de la physique du globe, qui constituent la Division de la géophysique du Pacifique et d'employés de la Division de la Cordillère de la Commission géologique du Canada, qui constituent la sous-division de la géologie marine du Pacifique. Le Centre compte en tout 42 employés, externes et associés y compris; environ 22 d'entre eux sont des scientifiques. Il partage nombre de ses installations avec les laboratoires du ministère des Pêches et des Océans (qui composent la majeure partie de l'Institut), comme les ordinateurs, la bibliothèque et les navires. (Les dispositions administratives diffèrent dans le détail de ceux de l'Institut océanographique Bedford, mais cela importe peu ici.)

Le Centre s'occupe, en gros, de la géologie et de la géophysique de la marge continentale de la côte Ouest. Cependant, c'est également lui qui accomplit la majeure partie des travaux de la Direction de la physique du globe sur l'ensemble de la Cordillère. En mer, le Centre oeuvre au large de la côte Ouest et dans la mer de Beaufort, et prend part de temps à autre à des expéditions majeures comme le LOREX.

Voici les programmes dont s'occupe le Centre dans le domaine géoscientifique marin.

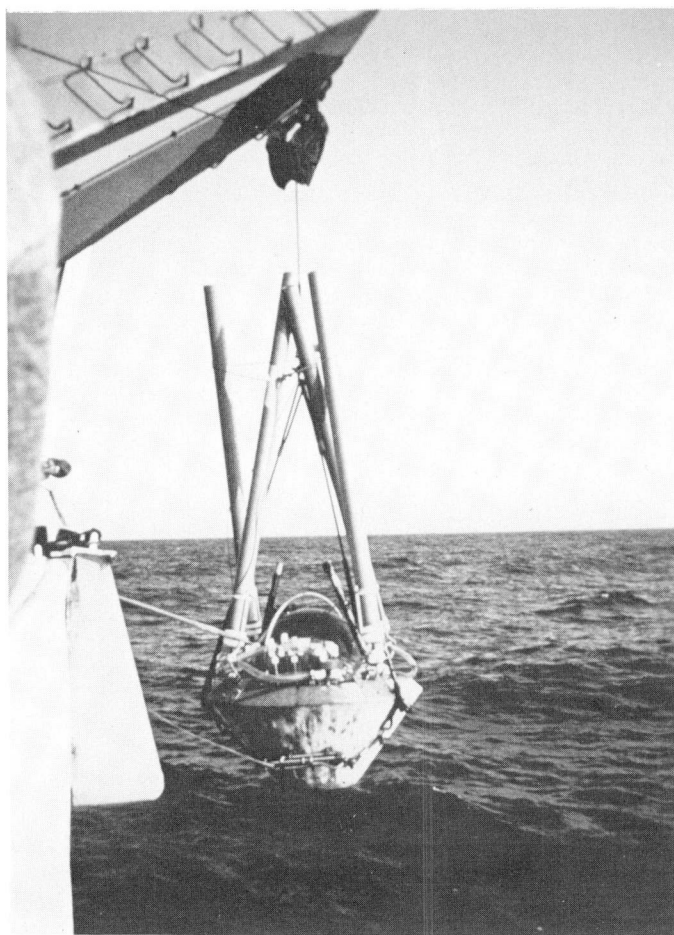


Figure 3.7. Lancement du magnétomètre d'étude des fonds marins. L'instrument est attaché à une ancre de béton qui le retient sur les fonds marins jusqu'à ce que la période d'enregistrement soit terminée et que le mécanisme de largage soit activé. Une fois libérée, la sphère remonte à la surface où elle est récupérée par le navire.

Cartographie des ressources. Depuis sept ans, le Centre travaille en collaboration avec le Service hydrographique du Canada à l'étude systématique du champ magnétique, du champ de la pesanteur, des profils sismiques et de la bathymétrie au large de la côte Ouest du Canada. Il a retenu un espacement d'environ 5 km sur le plateau continental et de 10 km en eaux profondes, sauf pour les profils sismiques, où l'espacement est plus grand. Toutes les parties du plateau et toutes les eaux profondes situées en deçà de 100 milles marins de l'avant-plage ont été couvertes. Le levé jusqu'à 200 milles marins (370 km) devrait être fait d'ici à 1985. Un programme analogue a été réalisé dans la mer de Beaufort et dans le golfe Amundsen.

Sismicité au large de la côte Ouest. Dans le cadre des programmes visant à déterminer la sismicité de l'Ouest canadien, des efforts sont faits pour étudier les tremblements de terre dans les zones très actives situées juste au large de la côte. Les événements qui se produisent aux environs des failles de la crête Juan de Fuca et dans la zone de la faille Reine-Charlotte sont observés, répertoriés et étudiés au moyen de la batterie terrestre de sismographes installée en permanence dans l'Ouest canadien, et par des batteries temporaires de sismographes de fonds marins. La région de l'île Vancouver est le théâtre d'un programme important qui a pour but de déterminer avec précision des épicentres et d'autres paramètres à l'aide d'un réseau sismique à télémétrie. Les programmes terrestres et marins fournissent des données sur le régime tectonique le long de la marge ouest, puisque, le long du littoral, les processus dynamiques partent des crêtes sous-marines et s'étendent sans interruption jusqu'à des dizaines de kilomètres à l'intérieur des terres.

Études détaillées sur la tectonique. En moyenne, une ou deux expéditions au large des côtes sont organisées chaque année pour étudier de manière approfondie des régions jugées importantes pour la compréhension de la tectonique des plaques dans la partie est de l'océan Pacifique. On les étudie des points de vue de la sismicité, du magnétisme, de la pesanteur, des profils sismiques, de la thermodynamique, de la sismique-réfraction, etc. Récemment des études ont eu lieu dans le bassin Winona, dans la zone de la faille Reine-Charlotte et dans la zone de subduction de la marge continentale.

Structure géologique de la marge continentale. Des études géologiques détaillées ont eu lieu le long de la marge, sous le plateau continental et dans les fonds marins adjacents, à l'aide d'analyses de profils sismiques mono-canal ou multi-canaux, de données provenant des puits de pétrole de reconnaissance et d'autres données géologiques et géophysiques. Elles ont été complétées par des travaux de cartographie géologique exécutés au moyen du submersible *Pisces IV* et par une cartographie terrestre, notamment sur les îles Reine-Charlotte. Entre autres, on a étudié, à terre et en mer, la biostratigraphie du Mésozoïque et du Cénozoïque. Les hypothèses qui sont actuellement mises de l'avant au sujet de terrains allochtones de la marge sont lourdes de conséquences pour les possibilités pétrolières existant au large de la côte Ouest. Une étude géologique importante de la dépression de Géorgie commencera en 1982.

Cartographie géologique de la surface du plateau continental. Depuis quatre ans a lieu un programme de cartographie géologique de la surface du plateau continental, dans lequel des échantillons prélevés au hasard sont décrits et analysés sous les aspects de la dynamique des sédiments, de la texture des sédiments, du carbone organique et de l'azote.

Ce programme d'échantillonnage est complété par des observations faites au moyen du submersible *Pisces IV*, par des travaux de photographie sur les fonds marins et par l'établissement de profils sismiques et par balayage latéral.

Sédimentation des inlets. Des profils du sous-sol marin à 3,5 kHz, des profils sismiques et des profils de balayage latéral, ainsi que des échantillons prélevés au moyen de carottiers à gravité ont été utilisés pour étudier la structure des sédiments et les processus de sédimentation dans les inlets ou les fjords de la côte Ouest du Canada. Des études détaillées à caractère spécial ont été réalisées dans des zones de projets industriels.

Géologie côtière. Le Centre dresse actuellement un inventaire des types de côtes le long du littoral de la Colombie-Britannique, au moyen de cartes déjà établies, par photographie aérienne et par cartographie au sol. Des études géomorphologiques détaillées sont effectuées dans les régions des détroits de Géorgie, de Juan de Fuca et de Hecate.

Sédimentation des deltas. Le Centre a soumis à une étude approfondie la répartition des sédiments et les processus sédimentaires du delta du fleuve Fraser. Il s'intéresse particulièrement aux variations de l'environnement hydrodynamique et sédimentologique causées par les travaux industriels passés et futurs. Cette étude fait appel à des travaux de cartographie sur terre, à des carottes et d'autres échantillons, à des photographies aériennes et à des données fournies par des appareils de mesure des courants. Des études ont déjà été amorcées dans plusieurs autres deltas où des projets industriels sont proposés.

Sismique-réfraction en mer. Le Centre a exécuté, environ une fois par année, un programme de sismique-réfraction visant à étudier la structure de la croûte et du manteau supérieur océaniques, en collaboration avec le département de géophysique et d'astronomie de l'Université de la Colombie-Britannique. Il s'est surtout concentré sur les structures reposant dans les grandes profondeurs et dans la partie de la marge qui s'étend des fonds marins profonds au continent.

Études géothermiques en mer. Depuis plusieurs années déjà, le Centre exécute un programme de mesure des flux géothermiques sous-marins, en se concentrant particulièrement sur la structure thermique profonde de la crête Juan de Fuca. Il a déterminé la quantité de chaleur radioactive engendrée par des échantillons de fonds marins à l'aide d'un spectromètre à rayons gamma. Il a aussi utilisé abondamment la sonde thermique marine dans les inlets profonds de la côte Ouest. Ces données viennent compléter les renseignements produits par les sondages terrestres classiques, permettant ainsi de déterminer les variations régionales du flux thermique et d'évaluer le potentiel en énergie géothermique de l'Ouest canadien.

Étude sur l'induction géomagnétique. Des magnétomètres de fonds marins autonomes, conçus pour de grandes profondeurs, et des enregistreurs de champ électrique ont été mis au point et utilisés pendant de brèves périodes au cours des cinq dernières années, afin de déterminer la structure électrique profonde de la croûte et du manteau supérieur océaniques. Les données ainsi acquises se sont révélées très utiles pour établir le rapport entre l'âge et l'épaisseur de la lithosphère. Les enregistrements obtenus au large des côtes ont également été combinés à des enregistrements pris simultanément sur terre pour établir la structure électrique profonde de toute la marge continentale.

Étude du plateau continental polaire

L'étude du plateau continental polaire est une direction du Secteur des sciences de la Terre et du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources. Son objectif, qui constitue également un des sous-objectifs du Programme des services géoscientifiques d'où elle tire ses crédits, est de: "Contribuer à l'étude scientifique ordonnée du plateau continental polaire du Canada, de l'océan Arctique et des terres contigües et de maintenir et d'améliorer la logistique nécessaire aux études scientifiques en milieu arctique". L'étude du plateau continental polaire y est également décrite de la façon suivante: "L'étude de problèmes scientifiques particuliers à l'Arctique canadien et la prestation de services logistiques coordonnés à des groupes des secteurs public et privé qui exécutent des études scientifiques dans l'Arctique; la diffusion d'informations au sujet des activités scientifiques de l'Arctique aux scientifiques et aux habitants des régions en cause".

Par ses études sur la glace de mer, l'étude a apporté une large contribution aux sciences de la Terre en milieu marin. L'Atlas des glaces de mer produit récemment en est un exemple; les volumes couvrant les années 1961 à 1974 sont déjà publiés, et le volume des années 1975 à 1978 le sera en 1981. Cependant, sa plus grande contribution demeure l'aide qu'elle apporte à l'organisation et au soutien logistique des programmes arctiques d'autres organisations; il s'agit là d'un service d'une importance capitale. Elle s'associe à de nombreux autres programmes dans l'Arctique, avec les universités, le ministère des Pêches et des Océans, dont le Service hydrographique du Canada, la Commission géologique du Canada, la Direction de la physique du globe, le Service canadien de la Faune et l'Institut de recherches sur les eaux douces de Winnipeg. Son aide revêt diverses formes: mise en place de systèmes de navigation pour les travaux au large des côtes, affrètement et fourniture d'avions et d'hélicoptères, établissement de campements, maintenance des bases à Resolute Bay et Tuktoyaktuk chaque campagne. L'étude accomplit aussi un important travail de communication avec les autochtones du Canada.

L'Étude du plateau continental polaire a été le principal fournisseur de services logistiques au cours de l'expérience de la crête Lomonosov, et il en sera de même pour l'expédition de la crête Alpha qui est prévue pour 1983.

Direction des levés et de la cartographie

Cette direction joue un rôle important dans la prestation des services aux sciences de la Terre en milieu marin, et dans la réglementation du positionnement en mer. Deux des sous-objectifs de la Direction sont: "Assurer la disponibilité d'informations géodésiques concernant le territoire canadien en se fondant sur les normes nationales et internationales propres aux réseaux de référence géodésiques" et "Assurer l'exécution et le maintien des travaux d'arpentage des terres du Canada conformément à la Loi sur l'arpentage des terres du Canada et à tout autre statut ou règlement existant; assurer l'intégrité de la frontière entre le Canada et les États-Unis". L'arpenteur-général est chargé d'approuver les plans de positionnement proposés par une société qui fait de l'exploration au large des côtes, en vertu de la Loi sur l'arpentage des terres du Canada. La Direction établit les canevas géodésiques sur terre. Un des programmes de la Direction intéresse directement les géoscientifiques: l'établissement d'un canevas géodésique dans le détroit de Nares, entre le Canada et le Groenland. Au cours des années à venir, un levé permettra peut-être d'établir s'il y a actuellement un mouvement de la croûte le long de ce détroit.

La Direction collabore aussi avec beaucoup d'autres organismes; elle imprime des cartes bathymétriques générales pour le Service hydrographique, produit des fonds de carte d'échelle appropriée pour la cartographie côtière et prodigue des conseils sur les échelles et projections à utiliser pour une foule d'usages.

Secteur de la recherche et de la technologie

Centre canadien de télédétection

Le Centre canadien de télédétection forme le noyau d'un programme national de télédétection qui est en train d'implanter cette technologie relativement nouvelle parmi les organismes établis de gestion de la recherche et de protection de l'environnement au Canada.

Les activités du Centre sont régies par le Comité inter-organismes de la télédétection, auquel siègent des représentants des ministères compétents du gouvernement fédéral et du public. Ce comité coordonne les travaux accomplis au pays de concert avec les groupes de travail du Comité consultatif canadien de la télédétection. On compte en tout 13 groupes de travail, représentant chacun une discipline qui appuie ou utilise des techniques de télédétection; les plus intéressants aux fins de cette étude, sont les groupes de travail sur les sciences de la Terre, sur les ressources en eau, sur l'océanographie et sur les glaces. Le Centre concentre ses activités sur les programmes d'observation des ressources terrestres par satellite (LANDSAT), sur les programmes de recherches aériennes par télédétection et sur les programmes d'applications. Il dispose de deux stations de réception (une à Shoe Cove, Terre-Neuve, l'autre à Prince Albert, en Saskatchewan), de quatre aéronefs équipés de divers détecteurs et d'un matériel de traitement et d'analyse d'images.

Un certain nombre de programmes intéressent les spécialistes des sciences de la Terre en milieu marin. En voici plusieurs exemples. (1) Des images LANDSAT ont été employées avec succès pour estimer la concentration des sédiments en suspension dans les bassins de la baie de Fundy; les marées extrêmement hautes et les courants forts qui s'y produisent engendrent des concentrations de sédiments variables dans le temps, qui ne sauraient être mesurées au moyen de techniques d'échantillonnage classiques en mer. (2) Reconnaissance des glaces, au moyen d'images LANDSAT et du radar à ouverture synthétique aéroporté. Cette technique sert à l'étude des mouvements des icebergs, à l'étude de la glace de plusieurs années, à la détection des crêtes de pression et au mouvement de la glace en général. Des icebergs beaucoup plus petits que la petite unité pouvant être théoriquement distinguée par le LANDSAT (80 m) peuvent être détectés en eaux libres. (3) Des suintements de pétrole au large de l'inlet Scott, dans l'île Baffin, ont pu être cartographiés au moyen de fluoro-détecteurs à laser et de systèmes de télévision fonctionnant à de faibles niveaux d'intensité lumineuse. (4) Hydrographie aérienne.

Plusieurs possibilités s'ouvrent au Canada pour faire progresser sa technologie. (1) Il négocie actuellement avec la France pour avoir accès aux données transmises par son satellite "Spot". (2) Il propose un programme important dans lequel son radar à ouverture synthétique serait intégré dans des satellites projetés par la NASA ou l'Agence spatiale européenne. (3) Il pourrait aussi construire son propre satellite. Le radar à ouverture synthétique du Canada pourrait être utilisé dans des programmes de reconnaissance des glaces dans l'Arctique.

Les États-Unis lanceront en 1982 un nouveau satellite LANDSAT-D, qui aura une meilleure résolution spectrale et spatiale que les LANDSAT 1, 2 et 3. Le Canada participera à

la saisie des données transmises par ce satellite, ce qui réclamera de sa part un investissement considérable en raison de l'accroissement des débits de données qui en résultera.

Centre canadien de la technologie et de l'énergie des minéraux

"CANMET" ne participe que peu activement au domaine géoscientifique en milieu marin. Cependant, les connaissances spécialisées de ses employés leur permettent de s'intéresser aux problèmes liés aux travaux de soudure sous la surface de l'eau et à l'identification de sources marines de sable silicieux, matériau requis par les fonderies.

Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada

Cet organisme relève de deux ministères, soit ceux de l'Énergie, des Mines et des Ressources et des Affaires indiennes et du Nord canadien en ce qui a trait à la gestion des ressources d'hydrocarbures dans tout le territoire fédéral, notamment les Territoires du Nord-Ouest et le Yukon, et les régions au large des côtes du Canada. Les responsabilités de l'Administration sont intimement liées à celles de trois autres ministères (outre les ministères de l'Énergie, des Mines et des Ressources et des Affaires indiennes et du Nord), à savoir Environnement Canada, Transports Canada, Pêches et Océans. Le ministère de l'Environnement est chargé des questions qui concernent la qualité de l'environnement dans les régions sur lesquelles le Canada exerce sa juridiction et qui ne sont pas confiées à d'autres ministères; c'est à lui qu'il appartient de mettre en place les mécanismes de protection de l'environnement et, dans une situation d'urgence, de fournir les conseils environnementaux qui s'imposent à un responsable des opérations sur place (en mer, il s'agira d'un employé de l'Administration ou du ministère des Transports). Finalement, le ministère de l'Environnement est chargé des services météorologiques. Le ministère des Transports est chargé de réglementer les opérations de nettoyage rendues nécessaires par la pollution des eaux par des navires; l'Administration dirige les opérations visant à résoudre les problèmes posés par les puits sous-marins. Pour sa part, le ministère des Pêches et des Océans joue un rôle de premier plan dans les recherches et les études dans le domaine de l'océanographie physique, chimique et biologique (et, bien sûr, dans beaucoup d'autres secteurs d'activité). Grâce à des accords et comités interministériels, et à des contacts étroits entre les fonctionnaires, tous ces ministères évitent les problèmes que pourrait poser le chevauchement des sphères de compétence. Par exemple, le ministère des Transports et l'Administration se sont entendus pour que le responsable des opérations sur place soit désigné par le premier dans l'éventualité d'un déversement de pétrole en mer, et par le second dans le cas d'une éruption d'un puits au large des côtes; dans ce dernier cas, le ministère des Transports offrirait au ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, des services de nettoyage en mer et d'autres services techniques. S'il survenait une situation d'urgence, plusieurs organismes fourniraient des conseils scientifiques. Ainsi, une équipe de l'Institut océanographique Bedford a un mandat de consultation en matière d'océanographie; mise sur pied par le Secteur des sciences et des levés océaniques du ministère des Pêches et des Océans, cette équipe regroupe des scientifiques de la Commission géologique du Canada du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources et prodigue des conseils et de l'information sur le régime côtier.

L'Administration joue naturellement un rôle de premier plan dans le Processus fédéral d'examen des évaluations environnementales, déjà mentionné ailleurs dans ce rapport. Cependant, dans un effort complètement séparé de ce mécanisme officiel, l'Administration encourage les sociétés qui planifient des travaux de mise en valeur au large des côtes à exécuter des études environnementales appropriées.

Cette façon de procéder permet de produire les premières analyses environnementales au tout début de la planification. À titre d'exemples, on peut mentionner l'évaluation du forage des puits de délimitation dans la région de l'île de Sable (Mobil) et une évaluation environnementale initiale du plateau continental du Labrador (Petro-Canada).

L'Administration comporte cinq Directions. (1) La Direction générale de la gestion foncière est chargée de la répartition et de la gestion des terres du Canada; intérêts pétroliers et conditions d'occupation, etc. (2) La Direction générale du génie et du contrôle est chargée de la réglementation et des mesures de sécurité ayant trait aux activités entreprises au large des côtes. (3) La Direction de l'évaluation des ressources est chargée d'évaluer les ressources conjointement, lorsque l'occasion se présente, avec le Programme ministériel d'évaluation des ressources pétrolières et gazières. (4) La Division de la protection de l'environnement est responsable de l'application des mesures de protection de l'environnement liées aux travaux de mise en valeur des hydrocarbures dans les terres du Canada. (5) La Division des retombées au Canada doit s'assurer que les activités de mise en valeur des hydrocarbures emploient le matériel et ont recours aux services et ressources humaines disponibles de façon avantageuse pour la nation.

L'Administration a aussi de petites sections à Dartmouth (Institut océanographique Bedford) et à Saint-Jean. Cependant, les employés de l'Administration travaillent pour la plupart à Ottawa.

La gestion des échantillons géologiques et des données géophysiques fournis par les sociétés revêt une très grande importance pour la recherche géologique et géophysique au large des côtes. C'est pourquoi l'Administration tient un conservatoire à l'Institut océanographique Bedford, ainsi que des installations où sont entreposés les matériaux que fournissent les sociétés travaillant en mer et que le public peut examiner. Ces matériaux proviennent des puits forés sur les terres fédérales, au large des côtes dans l'Atlantique, dans la baie d'Hudson et le détroit d'Hudson et au large des côtes dans l'Est de l'Arctique. Finalement, la Commission géologique du Canada maintient de telles installations à Calgary pour les échantillons provenant du Pacifique, des autres terres de l'Arctique et des régions marines situées au large de la côte Est.

Il est à noter qu'une bonne partie des données scientifiques qu'utilise l'Administration est fournie par le secteur privé. Cette organisation ne pourrait remplir son mandat sans données d'une telle qualité.

Programme ministériel d'évaluation des ressources pétrolières et gazières

Le gouvernement fédéral a besoin d'évaluations des ressources nationales en pétrole et en gaz afin de procéder convenablement à l'élaboration de ses politiques énergétiques. Bon nombre des ressources canadiennes possibles gisent au large des côtes et, pour cette raison, le programme peut intéresser les géoscientifiques du milieu marin.

Le Comité d'évaluation des ressources pétrolières regroupe de hauts fonctionnaires qui représentent les organismes désireux d'obtenir des renseignements sur les ressources gisant au large des côtes, en vue de procéder à des prévisions économiques par exemple, et les organismes en mesure de les fournir. L'information relative aux ressources marines provient du Secrétariat de l'évaluation des ressources pétrolières, dont l'administration centrale a son siège à l'Institut de géologie sédimentaire et pétrolière de la Commission géologique du Canada, à Calgary.

Le Secrétariat est secondé par des géologues et géophysiciens de la Commission géologique du Canada (Centre géoscientifique de l'Atlantique et Institut à Calgary), par l'Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada à Ottawa. Ces organismes travaillent au début chacun de son côté mais, en temps opportun, ils se rassemblent en comité de scientifiques pour discuter des résultats obtenus individuellement. La base de données employée par les scientifiques est une combinaison de données géologiques et géophysiques confidentielles fournies par l'industrie (réservées aux scientifiques qui participent aux évaluations) et de données recueillies par les scientifiques des organismes gouvernementaux. L'information provenant de l'industrie peut contenir, par exemple, des données sismiques multi-canaux acquises au cours des travaux d'exploration et des diagraphies. Quant aux données des organismes gouvernementaux, elles vont des analyses géochimiques concernant la maturation aux synthèses biostratigraphiques.

Il ne faudrait pas passer sous silence le rôle très important des scientifiques gouvernementaux qui, au cours de leur travail, fournissent des informations et des idées sans lesquelles les évaluations seraient difficiles à réaliser. Par exemple, les gens qui évaluent des zones d'intérêt ont besoin d'analyses biostratigraphiques et lithostratigraphiques. Les évaluations ne seraient pas possibles sans ces données scientifiques de base. La biostratigraphie et la lithostratigraphie sont à leur tour tributaires de la qualité des activités scientifiques, de la valeur de la taxonomie, des progrès accomplis en biostratigraphie quantitative et en sismo-stratigraphie. Finalement, l'étude de la géologie régionale doit reposer sur une bonne compréhension des mouvements de la lithosphère, verticaux au cours de la subsidence, horizontaux pendant l'expansion des fonds marins.

Ministère des Pêches et des Océans

Le ministère des Pêches et des Océans a une large influence sur les activités géologiques et géophysiques en mer de nombreuses organisations du gouvernement, de l'industrie et des universités, et ce de diverses façons. (1) Le programme du Ministère prévoit expressément: "...encouragement et appui à l'endroit de la coopération internationale concernant l'étude de l'utilisation de la mer, du lit de mer et de leurs ressources respectives, ainsi que les efforts déployés au niveau international visant à régler les problèmes relatifs à l'environnement marin; conduite de levés hydrographiques et d'autres genres de levés relatifs à l'océan et aux eaux côtières dans le but d'établir des cartes de navigation, des ressources et des lieux de divertissement ... levés systématiques et établissement de cartes des eaux côtières et intérieures navigables ainsi que des eaux du large". Une des conséquences de ce programme est que le ministère des Pêches et des Océans est le principal représentant du Canada au sein des grands organismes océanographiques internationaux, dont beaucoup s'intéressent (en partie) à des questions géologiques et géophysiques. Une deuxième conséquence, plus évidente celle-là, est que ce Ministère est chargé de dresser les cartes hydrographiques, à proximité des côtes et au large, dont tous les géologues et géophysiciens ont besoin pour connaître la physiographie des fonds marins. (2) Le Ministère exploite les deux principaux instituts océanographiques du pays, qui contribuent directement et indirectement au travail d'autres ministères fédéraux comme celui de l'Énergie, des Mines et des Ressources, de l'industrie, comme les entreprises pétrolières et les sociétés de haute technologie, ainsi que des universités. Le ministère des Pêches et des Océans possède et utilise des navires à l'Institut océanographique Bedford, à l'Institut des sciences océaniques, à la baie Patricia, et au Centre canadien

des eaux intérieures, à Burlington. (3) Les activités scientifiques et technologiques du Ministère sont souvent reliées directement aux sciences de la Terre. On en trouve de nombreux exemples, qui vont du purement pratique au purement scientifique.

Par exemple, certains scientifiques qui s'intéressent aux hydrocarbures des eaux marines, peut-être en déterminant des niveaux de base, ont participé à l'étude des suintements naturels de pétrole en milieu marin, comme ceux observés au large de l'île Baffin. Les scientifiques et ingénieurs du Ministère ont joué un rôle majeur dans la mise au point de la technique du balayage latéral, dans les sondages géologiques peu profonds et en navigation.

On peut décrire ces interrelations en parlant des instituts et de leurs programmes qui concernent les sciences de la Terre.

Institut océanographique Bedford, Dartmouth (Nouvelle-Écosse)

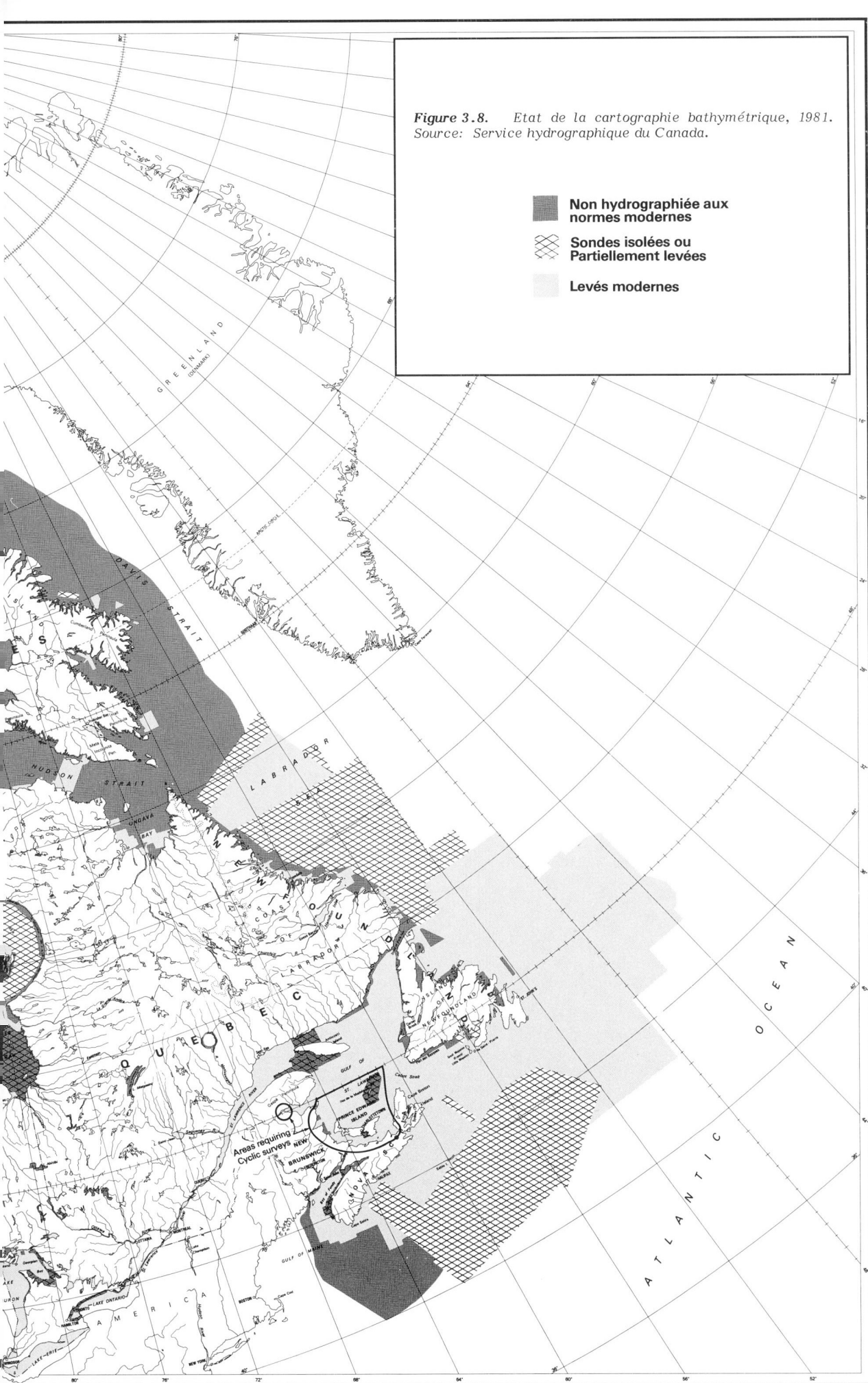
Cet institut est un groupe de laboratoires appartenant à trois ministères fédéraux, soit aux Pêches et Océans, la Division des pêches en mer (évaluation des stocks de poissons), le Laboratoire océanographique de l'Atlantique (océanographie physique et chimique), le Laboratoire de l'écologie marine (océanographie biologique), le Service hydrographique du Canada, section de l'Atlantique (cartes de navigation et cartes sous-marines) et les Installations de l'Institut (services majeurs, y compris les navires, les ordinateurs, la bibliothèque, l'équipement technique); au ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, le Centre géoscientifique de l'Atlantique, Bureau des Maritimes de l'Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada; et enfin au ministère de l'Environnement: le Service de protection de l'environnement, à ses laboratoires régionaux de l'Atlantique, le Service de protection de l'environnement au Service canadien de la faune. L'Institut compte près de 700 employés. Aux principaux navires basés à l'Institut, comme le **Hudson**, le **Baffin** et le **Dawson**, s'ajoutent des navires de plus petite taille comme le **Maxwell** et diverses vedettes.

Les laboratoires de l'Institut s'efforcent véritablement de fonctionner comme un institut; ils y réussissent sans l'ombre d'un doute, même s'ils appartiennent à des ministères différents qui soumettent des compte rendus et utilisent des systèmes de budgétisation différents, grâce à des ententes officielles, au partage des installations, à la mise en commun des efforts et aux étroites relations entre les travailleurs.

À titre d'exemple des ententes officielles, on a créé un Comité des directeurs de l'Institut océanographique Bedford et un Comité de gestion des principaux laboratoires scientifiques et techniques du ministère des Pêches et des Océans; le Directeur du centre géoscientifique de l'Atlantique siège aux deux comités. Les principaux laboratoires de l'Institut partagent bon nombre des principales ressources qu'ils ont à leur disposition (navires, ordinateurs et bibliothèques) et qui sont financées principalement par le ministère des Pêches et des Océans, pour le compte de tous les laboratoires, y compris le Centre géoscientifique de l'Atlantique. Il existe plusieurs types de travaux conjoints. Ainsi, le Service hydrographique du Canada, Section de l'Atlantique, et le Centre géoscientifique de l'Atlantique se partagent un important programme de levés bathymétriques (fig. 3.8), géologiques et géophysiques en mer; il s'agit du programme de levés multiparamétriques. Aussi, on a mis sur pied un programme conjoint dans la baie de Fundy, afin de partager les ressources logistiques et tirer avantage des diverses compétences existant dans les différents laboratoires.



Figure 3.8. *Etat de la cartographie bathymétrique, 1981.*
 Source: Service hydrographique du Canada.



L'Institut est utile à l'industrie et aux universités de plusieurs façons. (1) Il accorde du temps de navire à des universités; il participe à la supervision d'étudiants des diplômés, dans l'intérêt des deux parties. (2) Il prodigue des conseils à l'industrie sur une variété de problèmes. Par exemple, l'Institut est devenu l'organisation la plus compétente au Canada dans l'utilisation des systèmes de navigation par satellite en mer et des systèmes de navigation intégrés. Parfois, ces techniques ont été mises au point conjointement avec l'industrie, par exemple lorsque la navigation par satellite a commencé à être utilisée pour les levés géodésiques sur terre, et l'industrie a été fortement encouragée à faire appel au système de navigation intégré. (3) Les sociétés de haute technologie ont recours aux compétences de l'Institut dans le domaine de la recherche et du développement; ainsi, en vertu du contrat de sondage des fonds marins Seabed, la Huntex ('70) Ltd. doit fournir une sonde sismique à bande large et à pouvoir séparateur élevé, remorquée en eaux profondes, pour établir des cartes des fonds marins, et la mise au point de ce système a été rendue possible en partie par les connaissances géologiques et techniques spécialisées de nombreux employés de l'Institut. Un bureau de liaison industrielle (BIOMAIL) a récemment été créé à l'Institut océanographique Bedford, pour aider à résoudre des problèmes industriels.

Institut des sciences océaniques, baie Patricia (Colombie-Britannique)

Cet Institut est, lui aussi, constitué de laboratoires relevant de trois ministères. Le ministère des Pêches et des Océans: écologie océanique, chimie océanique, physique océanique, Service hydrographique du Canada (Pacifique), Division des navires; le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources: Centre géoscientifique du Pacifique; et le ministère de l'Environnement: Service de l'environnement atmosphérique, Service canadien de la faune. Cet institut commande le grand navire **Parizeau**, et les navires de plus petite taille **Vector** et **Richardson**. Le **Pandora II** est affrété pour des travaux de levés dans l'Arctique et sert de navire auxiliaire au submersible **Pisces IV**. Le **Radium Express** est lui aussi affrété. (Le **Endeavour** appartient au ministère de la Défense nationale, qui en assure aussi l'exploitation, mais fait partie de la "flotte" de navires de la côte Ouest.)

L'Institut des sciences océaniques, tout comme l'Institut Bedford, essaie de fonctionner comme un institut, même s'il relève de plusieurs ministères. Le Directeur du Centre géoscientifique du Pacifique est membre du comité de gestion. Là encore, tous les laboratoires se partagent les principales ressources de l'institut: navires, ordinateurs, bibliothèques, etc. Les travaux conjoints revêtent plusieurs formes. Ainsi, le Service hydrographique du Canada, section du Pacifique, et le Centre géoscientifique du Pacifique ont des programmes communs de levés multiparamétriques de nature bathymétrique, gravimétrique et magnétique au large de la côte Ouest, et, en collaboration avec des employés du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources d'Ottawa, dans la mer de Beaufort. Le ministère des Pêches et des Océans et le Centre géoscientifique du Pacifique ont plusieurs programmes mixtes. Par exemple, ces deux organisations étudient les fluctuations du champ magnétique sur le talus continental. Des mesures faites récemment au moyen d'un magnétomètre de fonds marins et d'appareils de mesure du courant montrent que les fluctuations observées dans le champ magnétique sont causées à la fois par des orages électriques dans l'atmosphère et par les mouvements de l'eau associés à la houle transversale. Il s'agit, semble-t-il, de la première fois que le mouvement de l'eau a été détecté à l'aide d'un magnétomètre de fonds marins, et cette première a incité des océanographes et des géophysiciens à en étudier les effets conjointement.

À l'instar de l'Institut océanographique de Bedford, l'Institut de la baie Patricia vient en aide au secteur privé et aux universités. Fondé après l'Institut Bedford, il avait à l'origine pour mandat de réunir les divers éléments des sciences et techniques océaniques du gouvernement fédéral qui étaient jusque là largement dispersés sur la côte Ouest. Un Service d'information océanique a été constitué pour fournir des données océaniques à l'industrie, et l'Institut aide actuellement la British Columbia Development Corporation à construire un parc industriel qui sera au service de l'industrie marine.

Les deux problèmes qui ont véritablement un effet sur les deux instituts et, par le fait même, tous les travailleurs qui font de la recherche marine au Canada sont, premièrement, l'insuffisance ou l'instabilité des ressources nécessaires pour faire fonctionner les navires de recherche et, deuxièmement, le manque de ressources requises pour obtenir de l'équipement important. L'utilisation des navires domine à ce point les budgets des instituts que tout problème de financement des navires a de profondes répercussions sur toutes les autres activités. L'établissement des cartes de navigation, les levés géologiques et géophysiques en mer et les expériences scientifiques, notamment celles qui sont réalisées conjointement avec l'industrie, se font beaucoup trop lentement. En outre, il y a des instruments importants que devraient posséder les instituts nationaux mais dont on ne trouve aucune exemplaire au pays, comme les sondes à balayage latéral et à long rayon d'action et les sondes multifasceaux. Finalement, aucune université ni aucun établissement gouvernemental n'a les ressources requises pour effectuer des études sismiques multi-canaux.

Le problème de financement des navires découle essentiellement des hausses des prix des carburants; le diesel-navire livré à l'Institut Bedford coûtait 107 \$/t en 1976, 165 \$ en 1979 et 225 \$ en 1980. On prévoit qu'il faudra déboursier entre 300 et 400 \$ en 1981, et entre 350 et 450 \$ en 1982 pour en obtenir. Les effets de ces hausses au cours de trois années financières sur le budget des sciences et levés océaniques du ministère des Pêches et des Océans pour les régions du Pacifique, de l'Ontario et de l'Atlantique se présentent comme suit: en 1979-1980, le coût du carburant diesel pour tous les navires de ces régions se chiffrait à 1 332 000 \$, et la même quantité coûtera 1 114 400 \$ de plus en 1981-1982. Des augmentations du budget des sciences et levés océaniques ont été consenties pour la première fois en 1981-1982 afin de compenser ces majorations de coût. Pour autant que l'on sache, il en sera de même pour l'année financière 1982-1983. Cependant, pour la première fois depuis de nombreuses années, aucun crédit ne sera accordé pour l'affrètement des navires en 1982-1983. Or, le Ministère a absolument besoin de ressources financières suffisantes et stables.

Service hydrographique du Canada

Le Service hydrographique du Canada est important pour tous les spécialistes des sciences de la Terre en milieu marin. En effet, il fait des études hydrographiques et produit des cartes en mer, effectue de la géodésie marine, observe les marées et met au point des instruments. Il a accompli des progrès importants en navigation et dans les sondages à travers la glace; ses cartes sont officiellement utilisées pour définir les limites des eaux territoriales du Canada. Aussi, le Service hydrographique du Canada travaille-t-il en collaboration avec divers autres organismes fédéraux, en particulier le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources et le ministère des Transports. Son organisation est divisée en plusieurs régions: Administration centrale à Ottawa; Section de l'Atlantique, à l'Institut océanographique Bedford; Section du centre au Centre canadien des eaux

intérieures; Section du Québec, à la Gare maritime Champlain, à Québec; et Section du Pacifique, à l'Institut des sciences océaniques de la baie Patricia.

On peut distinguer un certain nombre d'activités qui revêtent une grande importance pour le domaine géoscientifique marin.

Levés multiparamétriques

Le Service hydrographique du Canada exécute un programme de cartographie au large des côtes en collaboration avec le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources; divers aspects de ce programme ont déjà été examinés dans la section consacrée au Ministère. Jusqu'à récemment, ce programme ne concernait habituellement que la bathymétrie, la pesanteur et le magnétisme et, sur la côte Ouest, l'établissement de profils sismiques mono-canal, mais, en 1980, on s'en est également servi sur la côte Est pour établir des profils de réflexion sismique mono-canal, des profils de réflexion à haute résolution et des profils par sonar à balayage latéral. On a pour cela exécuté des levés dans le détroit de Davis, sur le plateau continental du Labrador (au prix d'une réduction du nombre de milles linéaires, à cause des vitesses d'exécution inférieures). Ces programmes sont menés par le Service hydrographique du Canada en collaboration avec le Centre géoscientifique de l'Atlantique, le Centre géoscientifique du Pacifique et les divisions d'Ottawa de la Direction de la physique du globe.

Hydrographie et gravimétrie dans l'Arctique

La Section du centre du Service hydrographique du Canada unit ses efforts à ceux de la Direction de la physique du globe pour réaliser des programmes dans des eaux couvertes de glace, où il est matériellement raisonnable et scientifiquement nécessaire d'observer les profondeurs et la pesanteur aux mêmes stations, dans le cadre du même programme. Une bonne partie de ce travail est financée par l'Étude du plateau continental polaire, qui fournit des hélicoptères et des avions Twin Otters.

Cartographie géoscientifique et la Carte bathymétrique générale des océans

Une section d'Ottawa se charge de produire les cartes bathymétriques des régions au large des côtes du Canada à des échelles de 1/250 000, 1/1 000 000 et 1/2 000 000, sur lesquelles sont également établies les cartes gravimétriques et magnétiques de même échelle. Le Service obtient des données bathymétriques du secteur privé et des organismes gouvernementaux qui travaillent au large des côtes, et les intègre dans sa base de données bathymétriques après un contrôle de la qualité approprié.

Cette organisation remplit également des fonctions importantes dans la production de la série des cartes bathymétriques mondiales à une échelle de 1/10 000 000, connue sous le nom de "Carte bathymétrique générale des océans" (GEBCO). La production de cette série est supervisée par une commission de géoscientifiques et d'hydrographes qui représentent la Commission océanographique internationale de l'Organisation hydrographique internationale. Certains scientifiques ont pour tâche d'interpréter les données bathymétriques disponibles pour établir des cartes à caractère particulier. Toutes les cartes de cette série sont dessinées par le Service hydrographique et imprimées par le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources. La prochaine édition complète, la cinquième, sera achevée en 1982.

Les programmes de levés multiparamétriques et d'hydrographie et de gravimétrie dans l'Arctique, le travail de la section de cartographie géoscientifique et un certain nombre d'autres programmes sont contrôlés et, au besoin, coordonnés par le Comité directeur des levés en mer, dont les membres proviennent du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources et du ministère des Pêches et des Océans.

Géodésie marine

Une banque de points de canevas planimétriques est actuellement en voie de réalisation en collaboration avec le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, de manière à ce qu'un nouveau point de référence puisse être adopté en 1983. Cette section et les bureaux régionaux du Service sont chargés d'étalonner le système LORAN-C, pour que des quadrillages convenables puissent être appliqués aux cartes de navigation. Ce travail comprend des recherches appliquées sur la vitesse de propagation des ondes de sol à 100 kHz sur des terrains de natures diverses.

Instruments

Le Service hydrographique du Canada est un chef de file dans l'utilisation des satellites de navigation et dans la mise au point des systèmes de navigation "intégrés", dans lesquels toutes les données de navigation sont rajustées pour que les positions, les vitesses et les directions puissent être mesurées avec le plus de précision possible. Il va sans dire qu'une bonne navigation est essentielle pour mesurer la pesanteur à bord de navires de surface. Le Service a également participé aux travaux prévus dans le contrat de sondage des fonds marins de la Huntex (Projet Seabed), et à la mise au point du sonar à balayage latéral.

Réseau permanent de mesure du niveau de la mer

Les variations du niveau de la mer sont intéressantes d'abord pour l'océanographe, soit dans l'analyse des marées, puis pour le géologue et le géophysicien qui s'intéressent aux mouvements verticaux de la croûte. Le Service hydrographique du Canada exploite le réseau permanent canadien de mesure du niveau de la mer, en collaboration avec la Direction des eaux intérieures du ministère de l'Environnement. Il effectue l'analyse des données sur les marées. Le groupe de l'Institut océanographique Bedford qui s'occupe des marées poursuit un petit programme de mesure et d'analyse des marées en eaux profondes, en plus des travaux qui se font sur les plateaux continentaux. Les futurs travaux dans ce domaine consisteront à cartographier la marée dans les régions les plus au nord du plateau continental canadien et à participer à la mesure des marées en eaux profondes en collaboration avec l'Institute of Oceanographic Sciences de Bidston, au Royaume-Uni.

Ministère de l'Environnement

Ce Ministère comporte plusieurs programmes ou éléments qui intéressent les sciences de la Terre en milieu marin: le Programme des services de l'environnement; Parcs Canada; à l'intérieur du Programme d'administration, le Bureau fédéral d'examen des évaluations environnementales; et finalement le Centre canadien des eaux intérieures à Burlington.

Programme des services de l'environnement

Ce Programme a pour objectif de mettre sur pied et d'appliquer des programmes destinés à protéger et à améliorer la qualité de l'environnement, ainsi que des programmes conçus pour améliorer la gestion et l'utilisation

économique soutenues de la forêt, de la faune et des eaux intérieures du pays. Deux de ses sous-objectifs peuvent être ainsi formulés: promouvoir la qualité, la gestion et l'utilisation des ressources en eaux intérieures et contribuer à l'amélioration de la qualité, de la gestion et de l'utilisation des terres.

L'application de ce Programme est confiée à plusieurs services: Service de l'environnement atmosphérique, Service canadien de la faune et Service canadien des forêts; les deux qui intéressent le plus le domaine géoscientifique marin sont le Service de la protection de l'environnement et le Service de la conservation de l'environnement (anciennement le Service de la gestion de l'environnement).

Service de la protection de l'environnement

Cette organisation est chargée, entre autres, des opérations et des mesures de lutte contre la pollution nationale et internationale de l'air et de l'eau, afin de protéger l'environnement contre les activités qui touchent des écosystèmes entiers, de la coordination des efforts entrepris au pays pour résoudre des problèmes environnementaux graves et de la gestion d'une structure régionale destinée à l'exploitation de programmes de protection de l'environnement. Le Service est en quelque sorte l'organisme administratif du ministère de l'Environnement et, à ce titre, il est lié aux sciences de la Terre en milieu marin de diverses façons.

Le Service de la protection de l'environnement, par l'intermédiaire de sa Direction des interventions d'urgence, a la responsabilité de prévenir les déversements accidentels de pétrole et d'autres matières dangereuses, de mettre sur pied les plans d'urgence pour lutter contre des accidents de ce genre, de mettre au point de nouvelles techniques de lutte et de nettoyage et de tenir un système national d'alerte et de communication en cas d'urgence.

Le Service, dont le mandat englobe la mise au point de techniques, a mis sur pied des projets qui se rattachent directement au domaine géoscientifique marin. Par exemple, il a financé la première étude exhaustive du littoral canadien. Dans le cadre du programme de lutte contre les déversements de pétrole dans l'Arctique (AMOP), il a engagé la Commission géologique du Canada pour entreprendre des études sur les régimes côtiers de l'est de l'île Baffin et du Labrador. Le Service assure également la gestion et le financement d'un projet connu sous le nom de BIOS (projet de lutte contre les déversements de pétrole dans l'île Baffin), auquel participent le gouvernement et l'industrie et dans lequel on procède à plusieurs expériences de déversements sur les côtes nord de l'île Baffin.

Dans le cadre du programme AMOP, le Service a engagé le Centre canadien de télédétection du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources pour mettre au point et éprouver des systèmes aériens de surveillance des nappes de pétrole. C'est ainsi que des instruments prototypes ont été embarqués à bord d'aéronefs qui ont survolé les suintements de pétrole au large de l'inlet Scott, dans l'île Baffin, et au cours du déversement de mazout de soutes C du pétrolier Kurdistan au large de la Nouvelle-Écosse.

Le Service de protection de l'environnement applique la Loi sur l'immersion de déchets en mer, et d'autres organismes du gouvernement fédéral sont appelés à le conseiller sur cette question.

Les demandes d'immersion en mer de déchets susceptibles d'être dangereux, qu'il s'agisse de résidus miniers ou de déchets résultant du dragage des ports, doivent être approuvés par le ministère de l'Environnement, en vertu de cette Loi, et la procédure normalement suivie fait intervenir d'autres organismes fédéraux qui sont appelés à donner leur

avis au sujet des demandes qui relèvent de leur sphère de compétences. Par exemple, on prendra avis auprès d'un géochimiste au sujet des niveaux de cadmium, et auprès d'un sédimentologue au sujet des problèmes de transport des sédiments. On peut également faire appel au Centre géoscientifique de l'Atlantique de la Commission géologique du Canada pour avoir une idée du travail à effectuer. Chaque année, le Centre étudie une centaine de demandes qui réclament de sa part des conseils d'ordre géologique ou géochimique. Par ailleurs, en rapport avec ce travail exécuté pour le compte du ministère de l'Environnement, le Centre assure le contrôle d'un terrain de décharge aménagé dans la baie des Chaleurs et d'un ancien dépôt utilisé pour le dragage massif des agrégats dans le port de Halifax. Outre qu'elles ont elles-mêmes un intérêt scientifique, ces études permettent de maintenir une compétence qui peut être appliquée à d'autres problèmes pratiques. Le personnel de la Commission géologique du Canada au Centre géoscientifique du Pacifique fait des travaux comparables.

Service de la conservation de l'environnement

Deux organismes de ce Service sont d'un intérêt particulier; il s'agit de la Direction générale des eaux intérieures et de la Direction générale des terres.

Direction générale des eaux intérieures. La Direction de la qualité des eaux exploite un réseau d'échantillonnage permanent et un laboratoire d'analyse qui lui permettent de faire rapport sur la qualité des eaux superficielles. Elle entreprend aussi des études sur la qualité des eaux régionales qui intéressent le domaine géoscientifique marin (par exemple, la cartographie de zones sensibles aux pluies acides, basée en grande partie sur des facteurs géologiques). Ainsi, c'est de cette direction que provient l'information sur la chimie des eaux qui se jettent dans la mer. La Direction des ressources en eau tient, quant à elle, un réseau de données hydrométriques et sédimentaires dont elle partage les coûts avec les provinces. Elle exécute également des études spéciales qui ont trait aux variables quantitatives des eaux et aux niveaux des eaux. C'est donc elle qui fournit les données concernant la quantité d'eau et de sédiments qui entrent dans la mer, ainsi que les niveaux des marées de l'état des eaux dormantes dans les estuaires. La Direction de la planification et de la gestion (eaux) applique des programmes spécialisés de gestion des eaux, dont certains font intervenir des variables relevant des sciences de la Terre en milieu marin. Par exemple, le Programme de réduction des dommages causés par les inondations consistait notamment à établir l'itinéraire et à cartographier les inondations, deux études dont les résultats sont fonction de la géomorphologie de la rivière. En outre, les problèmes d'inondation qui surviennent dans la région de l'Atlantique sont largement attribuables à l'action des vagues et aux embâcles qui caractérisent les estuaires de certaines rivières. En outre, la Direction effectue des interprétations et d'autres évaluations environnementales qui font appel au domaine géoscientifique marin (comme l'étude des ressources en eaux souterraines des régions côtières).

Direction générale des terres. En gros, la Direction générale des terres conseille le gouvernement fédéral sur la politique de l'utilisation des terres. Elle a recours aux sciences de la Terre en milieu marin pour ce qui est du régime côtier. Ainsi, le Bureau de la région de l'Atlantique effectue un levé écologique de la côte de Terre-Neuve, à partir de la plage jusqu'à une distance de 2 km à l'intérieur des terres, afin de produire des données relatives à la ligne de base qui serviront à prévoir les effets des déversements de pétrole en mer. Cette information pourra également

faciliter le choix des emplacements des installations terrestres qui se rattachent aux activités au large des côtes. La Direction générale travaille à ce projet en collaboration avec la Mobil Canada Ltd. et la province de Terre-Neuve. Elle envisage également la possibilité de mettre sur pied un système automatisé d'information sur le milieu côtier en faisant appel au Système de données sur les terres du Canada.

Service de l'environnement atmosphérique

Le Service de l'environnement atmosphérique est évidemment l'autorité nationale en ce qui concerne la météorologie au Canada. Cependant, son travail de météorologie englobe non seulement la physique, la chimie et la dynamique de l'atmosphère, mais aussi leurs effets sur la surface du globe. Par conséquent, le Service s'intéresse à la formation et au mouvement des glaces, ainsi qu'à la climatologie (pour nommer des domaines qui intéressent directement les géoscientifiques). Le programme des services relatifs aux glaces consiste à prévoir la formation et le mouvement des glaces dans les eaux canadiennes jusqu'à un an à l'avance, et à fournir des informations sur les glaces en réponse à des besoins particuliers, comme ceux des projets de mise en valeur au large des côtes. Le programme des services climatologiques centralise les travaux menés au Canada dans le domaine de la climatologie; il s'intéresse aux effets des activités humaines sur le climat et, inversement, aux effets du climat sur les activités humaines. En collaboration avec certains groupes du ministère des Pêches et des Océans, il est le principal responsable du Programme canadien de climatologie (qui consiste, par exemple, à prévoir les effets du CO₂).

Bureau fédéral d'examen des évaluations environnementales

Ce Bureau est chargé d'appliquer la Procédure fédérale d'examen des évaluations environnementales, qui a pour objectif de faire en sorte que les effets environnementaux soient pris en considération le plus tôt possible dans l'élaboration des programmes, projets et activités du gouvernement fédéral, que des évaluations environnementales soient effectuées avant que ne soient prises des décisions irrévocables qui pourraient avoir des effets nuisibles sur l'environnement, et que les résultats de ces évaluations soient utilisés au cours des phases de planification, de décision et d'application. Les organismes fédéraux sont obligés de passer leurs activités au peigne fin et, si l'on constate qu'une activité présente des risques considérables pour l'environnement, l'organisme doit soumettre le cas au Bureau, où une commission indépendante lui fera subir un examen officiel. On considère comme des projets fédéraux les projets qui sont mis sur pied par des ministères et organismes fédéraux, ceux pour lesquels des crédits fédéraux sont demandés et ceux qui mettent en cause des propriétés fédérales. Les sociétés de la Couronne et organismes de réglementation du gouvernement fédéral ne sont pas tenus de se soumettre à cette procédure, mais on les invite à le faire.

Le Bureau fédéral d'examen des évaluations environnementales a pour mandat d'établir une procédure d'évaluation environnementale au sein du gouvernement fédéral, afin de veiller à ce que les effets environnementaux soient pris en considération le plus tôt possible dans la planification des nouveaux projets, programmes et activités, qu'une évaluation environnementale soit effectuée pour tous les projets, programmes et activités susceptibles d'avoir des effets appréciables sur l'environnement, et que les résultats de ces évaluations soient utilisés dans les phases de planification, de décision et d'application.

Le Bureau examinera les activités qui ont lieu au large des côtes, dans les avant-plages et dans les estuaires et qui comportent des études géologiques.

Parcs Canada

Parcs Canada est chargé de la sauvegarde des secteurs importants du patrimoine national au nom des Canadiens. Certains des parcs nationaux dont il s'occupe comportent un élément marin important: Forillon, au Québec; Kouchibouguac, au Nouveau-Brunswick; Auymittuq, dans l'île Baffin; et le Parc national de la bordure du Pacifique, dans l'île Vancouver. Parcs Canada s'intéresse donc à ces régions du régime côtier, en particulier aux formes des terres côtières, dont il se sert, par exemple, pour représenter divers thèmes. Il étudie la possibilité d'aménager des parcs marins nationaux dans lesquels l'élément marin serait tantôt prédominant, tantôt secondaire. Ses études portent actuellement sur des facteurs géologiques et physiographiques, de même que sur la question de la propriété et du risque de conflits dans l'utilisation des terres. Le Livre vert sur le détroit de Lancaster illustre quelques-uns de ces problèmes.

Centre canadien des eaux intérieures, Burlington (Ontario)

Ce Centre offre des services à plusieurs centaines de chercheurs, d'employés techniques et d'employés de soutien, dont certains se livrent à des activités géoscientifiques ou directement rattachées aux sciences de la Terre. Ces employés sont concentrés dans deux ministères, celui de l'Environnement et celui des Pêches et des Océans. Parmi les employés du ministère de l'Environnement, certains travaillent au Service de la protection de l'environnement, et d'autres au Service de la conservation de l'environnement, où bon nombre appartiennent à l'Institut national de recherches sur les eaux de la Direction générale des eaux intérieures. Au ministère des Pêches et des Océans, le personnel relève des Sciences et Levés océaniques, ce qui comprend la région centrale du Service hydrographique du Canada, une division de l'océanographie et, séparément, le Laboratoire biolimnologique des Grands Lacs. Le ministère de l'Environnement possède et exploite le bâtiment, un ordinateur principal et une bibliothèque; le ministère des Pêches et des Océans possède et utilise le grand navire **Limnos**, le **Bayfield** et plusieurs navires de plus petite taille comme des vedettes.

À l'Institut, un Comité supervise les activités de l'ensemble de l'Institut.

L'Institut national de recherches sur les eaux et ses bureaux régionaux de l'Ouest canadien sont chargés d'effectuer diverses études à travers le Canada dans le domaine de l'approvisionnement, de l'utilisation et de la gestion des eaux, qui comprennent des travaux importants sur les aspects qualitatifs et quantitatifs de l'interaction des sédiments et des eaux douces. À Burlington, l'Institut se concentre surtout sur les Grands Lacs laurentidiens mais, en plus, les employés des bureaux régionaux de l'Institut à Vancouver et à Winnipeg ont pris part à des études régionales d'importance majeure (à la fois individuellement et en collaboration avec le personnel de Burlington).

Le Centre canadien des eaux intérieures du ministère des Pêches et des Océans s'occupe de la région des Grands Lacs, des eaux intérieures de l'Ontario, du Manitoba, des districts de Keewatin et de Franklin des Territoires du Nord-Ouest ainsi que des eaux marines de la baie d'Hudson, de la baie James et du centre de l'archipel de l'Arctique.

Le Centre a trois programmes importants:

- a. Un grand programme de levés hydrographiques pour la production de cartes de toutes les eaux navigables du centre du Canada, y compris la baie d'Hudson et le centre de l'archipel de l'Arctique, ainsi que d'autres programmes connexes comme des études sur les marées et les courants. En outre, et ceci intéresse particulièrement les

géoscientifiques, elle établit des cartes des ressources hydrographiques en association avec la Direction de la physique du globe du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources dans l'Arctique et dans la baie d'Hudson.

- b. Un programme océanographique, petit mais viable, dans lequel des recherches et des études sur la gestion des ressources sont entreprises dans les eaux douces et marines du centre et du Nord du Canada. La recherche océanographique est surtout spécialisée dans les aspects physiques de ces études, mais on attache de plus en plus d'importance à la biologie dans les eaux arctiques.
- c. Le programme du Laboratoire biolimnologique des Grands Lacs, qui se limite aux Grands Lacs et, dans une moindre mesure, aux réseaux lacustres de l'Ontario. Ce programme a été mis sur pied en grande partie en fonction des exigences de l'accord Canada-États-Unis pour la qualité des eaux des Grands Lacs et, à cet égard, les recherches qui sont effectuées visent à fixer des objectifs en matière de qualité des eaux pour les Grands Lacs, grâce à des travaux de toxicologie environnementale, qui consistent à observer la production primaire et les contaminants des lacs, à des travaux de surveillance et à des études sur l'écosystème, dans lesquelles on travaille en étroite collaboration avec des organismes provinciaux afin de comprendre l'écosystème des Grands Lacs. Le Centre dispose d'une flotte de navires et de vedettes qui assurent les services maritimes nécessaires au programme du ministère de l'Environnement et du ministère des Pêches et des Océans.

Aux fins de ce rapport, aucune distinction ne sera établie entre les divers éléments constituant le Centre, et seuls les travaux qui intéressent directement le domaine géoscientifique marin seront retenus dans le résumé qui suit.

Limnologie régionale. Cette activité est constituée d'études de portée limitée sur la répartition et les caractéristiques des sédiments lacustres. Des compte-rendus de travaux ont déjà été faits au sujet des lacs Okanagan, Kamloops et Kootenay, de la rivière Athabasca, du lac Athabasca et du Grand Lac des Esclaves, des lacs Qu'Appelle et du lac Winnipeg, des lacs de la région de Flin Flon et des lacs du réseau fluvial de English-Wabigoon, d'une bonne partie du réseau des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent, de même que des lacs Shubencadie, en Nouvelle-Écosse. Les travaux se poursuivent dans les lacs Qu'Appelle et dans les Grands Lacs laurentiens, et d'autres sont proposés dans le bassin du Yukon. Dans les Grands Lacs, un programme de cartographie préliminaire des ressources est en cours, et des cartes et des rapports spéciaux sont en préparation pour le lac Ontario et le lac Huron. Ces nouveaux documents dévoileront des renseignements détaillés sur la bathymétrie et la répartition des sédiments dans les avant-plages.

Gestion du littoral

Ce travail comprend un programme d'observation de l'érosion du littoral, dans lequel des profils littoraux sont arpentés en 162 endroits au moins une fois l'an dans la région des Grands Lacs (d'autres levés sont effectués à des endroits précis dans le cadre de ce programme d'études). Une évaluation à long terme de ces profils annuels permet d'obtenir des données précieuses à l'évaluation des avantages d'un contrôle du niveau des lacs et de l'élaboration d'une politique de gestion des plages.

Étude des processus littoraux

Ce travail comprend des études à la fois en milieu lacustre (basées essentiellement sur des travaux réalisés dans les Grands Lacs laurentiens et dans certains lacs des Prairies et de l'Ouest) et en milieu marin (basées essentiellement sur des travaux accomplis dans la région de la baie d'Hudson et de la baie James). Il consiste notamment à :

- définir la forme, l'origine, les caractéristiques et le comportement des dépôts actifs et résiduels de gravier dans les lacs;
- définir les variations saisonnières du profil des lits et le transport littoral des sédiments de faciès sablonneux sur les plages et dans les avant-plages;
- définir les relations entre l'état des vents et celui des vagues et la suspension des sédiments lacustres fins;
- définir les mécanismes de l'érosion sous-lacustre des surfaces composées de till;
- élaborer des modèles de la dérive littorale en milieu lacustre;
- élaborer des modèles comparatifs des régimes sédimentologiques en eaux douces et en mer;
- analyser les influences de l'altération des surfaces et de la stabilité des pentes sur l'érosion des dépôts non consolidés des berges;
- étudier la dérive littorale et l'érosion des estuaires dans la baie James, à l'appui des études sur les marécages côtiers;
- étudier le transport en eaux douces dans la baie d'Hudson et dans la baie James, afin de déterminer les effets des aménagements hydroélectriques sur les réseaux des rivières La Grande et de la Grande Baleine (on planifie actuellement l'observation des effets possibles des modifications qui s'opèrent dans les réseaux des rivières Rupert et de la Grande Baleine).

Évolution géologique récente des bassins lacustres. Ce travail consiste en l'étude stratigraphique et sédimentologique des sédiments et des structures de la fin de l'époque glaciaire et d'origine récente, en vue d'interpréter l'évolution géologique de bassins lacustres ou de détails particuliers. Des études à la pointe Pelée ont déjà été publiées, et on est à rédiger des rapports qui décrivent les régions de Kingston et de Niagara du lac Ontario. Une nouvelle étude est en cours à la pointe Longue, dans le lac Érié, afin de prévoir les tendances à long terme de l'évolution du littoral.

Étude des paléoenvironnements. Ces études ont pour but de fournir des informations sur les conditions géologiquement récentes de l'environnement, de la qualité des eaux et du climat de réseaux lacustres et fluviaux, avant d'obtenir des données plus anciennes :

- déterminer la périodicité des variations climatiques (sécheresses) qui agissent sur le réseau des lacs Qu'Appelle et étudier l'"histoire" et les effets des variations des substances nutritives et contaminantes;
- définir la nature des événements ou des conditions qui causent la destruction de populations benthiques importantes dans le lac Érié et dans les lacs Qu'Appelle (régime climatique, niveaux des lacs, oxygène dissous, etc.).

Géochimie. Ces études ont pour but de montrer les variations de la géochimie naturelle qui résultent de facteurs culturels (par exemple, les effets des pluies acides sur les sédiments), ainsi que les associations entre substances toxiques et sédiments:

- mise en relation des trajectoires des métaux lourds avec l'interaction des sédiments et des eaux, l'activité microbienne et la disponibilité biologique;
- disponibilité (biologique et chimique) de substances toxiques associées aux sédiments des lits et aux sédiments en suspension des rivières et des lacs;
- composition isotopique de certaines catégories sédimentaires et d'eaux lacustres (datées par ^{210}Pb), afin de montrer les variations récentes dans les sources et la dispersion des différentes formes de soufre;
- caractéristiques de matériaux prélevés par dragage, afin de montrer l'importance des sédiments des ports et des avant-plages comme sources de contamination des Grands Lacs;
- variations de la géochimie organique des sédiments lacustres sous l'influence d'une acidification progressive;
- établissement d'une banque de données sur les sédiments, en vue d'une analyse comparative ultérieure des substances toxiques contenues dans ces sédiments.

Hydrogéologie. En rapport avec des études sur les contaminants des eaux souterraines et le transport des polluants de l'air sur de longues distances:

- élaboration de modèles du transport dans des milieux poreux, pour rendre compte de la diffusion des radionucléides ou d'autres contaminants toxiques dans les eaux souterraines;
- application de techniques de télédétection pour élaborer des modèles hydrologiques du transport des contaminants sous la surface dans des bassins non calcaires;
- effets des pluies acides sur la géologie des eaux souterraines et le bilan ionique des bassins non calcaires.

Chenaux, méandres et formes d'accumulation. Ces études renferment une analyse des méandres, des fréquences de leurs variations et de leurs causes, en vue de l'élaboration de modèles hydrauliques; elles comprennent aussi des études sur la formation des dunes dans les chenaux ouverts, afin de définir le temps nécessaire pour que l'équilibre se rétablisse après un mouvement (par exemple, pour savoir à quelle fréquence on peut procéder à des travaux de dragage, on prévoit la vitesse à laquelle des formes d'accumulation peuvent retrouver leur équilibre ou se déplacer dans des chenaux après le dragage).

Techniques acoustiques. Les progrès réalisés dans ce domaine par le ministère des Pêches et des Océans à l'Institut trouvent beaucoup de champs d'application dans les études hydrographiques, océanographiques et géoscientifiques; ils ont été rendus possibles en partie par les travaux de mise en valeur du pétrole et du gaz nordiques et par la nécessité d'assurer des services de transport et de navigation appropriés:

- mise en pratique de différentes techniques de sonar à balayage latéral et de méthodes de rehaussement des images, afin d'obtenir une très bonne définition des structures sous-marines;

- utilisation d'un sonar à balayage numérique pour des travaux de cartographie préliminaires dans les conditions de l'Arctique (système MARRS);
- utilisation de transducteurs non linéaires pour des levés sous les glaces, afin de caractériser les types de glaces, l'épaisseur des glaces, la surface glace et eau et les matériaux du sous-sol marin (0-1 m), en plus des mesures de la profondeur d'eau.

Ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien

Ce Ministère intéresse les spécialistes des sciences de la Terre en milieu marin du fait qu'il s'occupe des hydrocarbures et des minéraux qui se trouvent dans les terres du Canada des Territoires du Nord-Ouest et du Yukon, y compris au large des côtes. La région qui relève de ce Ministère a pour limite méridionale le 60° de latitude Nord sur terre et le 61°18' de latitude Nord au large de la côte Est, de sorte que le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources a juridiction sur le détroit d'Hudson. Une des principales fonctions de ce Ministère est énoncée dans le Programme du Nord, dont un des sous-objectifs consiste à gérer les ressources naturelles du Nord et stimuler le développement économique et les possibilités d'emploi pour les résidents nordiques. Une partie de ce programme est consacrée à la planification économique du Nord, ce qui consiste notamment à coordonner des études socio-économiques ainsi que des analyses et examens publics de projets de transport d'énergie dans le Nord. D'autres parties sont consacrées à la protection de l'environnement et aux ressources renouvelables du Nord, ainsi qu'aux ressources non renouvelables du Nord, à la protection de l'environnement dans les Territoires, à l'élaboration de politiques, de plans et de systèmes de gestion des ressources naturelles non renouvelables en minéraux et en hydrocarbures dans les Territoires.

Direction générale des ressources non renouvelables du Nord

Cette Direction générale compte trois divisions, s'occupant respectivement de l'exploitation minière, de la coordination de la politique pétrolière et gazière, et de la coordination des activités pétrolières et gazières. La Division de l'exploitation minière est chargée de la planification et de la mise en oeuvre générales des politiques minérales. Les deux autres divisions sont responsables de la gestion des ressources non renouvelables, aussi bien que marines, des terres du Canada situées au nord du 60° de latitude Nord. La gestion et la régulation du pétrole et du gaz de ces régions relève de l'Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada (chargée de l'administration des terres du Canada, aussi bien au large des côtes que sur terre ferme). Cet organisme relève à la fois du ministère des Affaires indiennes et du Nord et du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, et combine l'administration de la Loi sur le pétrole et le gaz au Canada et de la Loi sur la production et la conservation du pétrole et du gaz. La mise en place de l'Administration n'a apporté aucun changement aux responsabilités du ministre des Affaires indiennes et du Nord canadien en matière de la mise en valeur du pétrole et du gaz et des questions connexes. Dans le cadre du Programme du Nord, la Direction générale des ressources non renouvelables du Nord est chargée de la surveillance et de l'évaluation de tous les programmes de recherche des hydrocarbures et conseille le ministère en ce qui a trait au rythme, à l'importance et aux implications de la mise en valeur des ressources non renouvelables. Elle doit également s'assurer que les intérêts des régions nordiques, et les politiques s'appliquant au Nord canadien soient respectés au cours du processus de prise de décision.

Direction de l'environnement du Nord

Au sein de cette direction générale, les divisions de la gestion des terres, des ressources hydrauliques et des ressources forestières, ainsi que la Direction de la protection de l'environnement du Nord s'intéressent aux ressources renouvelables. La Direction assure des services environnementaux pour l'ensemble du Programme des affaires du Nord et, comme la Division des ressources hydrauliques, elle intéresse particulièrement les spécialistes du domaine géoscientifique marin. Par exemple, la Division des ressources hydrauliques, qui s'occupe des eaux marines, s'associe au Service de la protection de l'environnement pour établir les conditions des forages au large des côtes. Le Service de la protection de l'environnement est appelé à fournir des conseils sur des problèmes d'environnement, comme les effets de la mise en valeur des ressources dans le Nord, et s'avère également l'agence du Ministère chargée d'assurer la liaison avec le Bureau fédéral d'examen des évaluations environnementales (dont il est question ailleurs dans ce rapport). La Direction exécute diverses études, par ses propres moyens ou par contrat. Un exemple du genre de travail qu'elle accomplit est l'Étude de l'environnement marin de l'Est de l'Arctique, ou EAMES, programme environnemental organisé par la Division, mais largement financé par l'industrie, dans lequel on essaie d'étudier et de régler des questions d'environnement de portée générale avant le début des forages exploratoires. Cette mesure a pour effet de réduire la nécessité d'effectuer des études relatives à la ligne de base préalables à des projets particuliers, comme des travaux de forage. Dans le cadre des relations qu'elle entretient avec le Bureau fédéral d'examen des évaluations environnementales, la Direction travaille essentiellement en collaboration avec des sociétés qui proposent des projets de mise en valeur et les conseille sur les études à entreprendre pour établir des évaluations environnementales initiales suivant les lignes directrices du Bureau avant que le projet ne soit soumis à un examen officiel.

La Direction travaille en étroite collaboration avec d'autres organismes du gouvernement fédéral: le ministère de l'Environnement, et le ministère des Pêches et des Océans pour les questions d'environnement; le Conseil national de recherches en ce qui a trait aux îles renforcées de glace, etc; le ministère des Travaux publics en ce qui a trait aux structures; la Commission géologique du Canada, dans le domaine de la géologie marine; la Direction de la physique du globe pour les questions de pergélisol, des hydrates de gaz et du risque sismique.

Centres des ressources scientifiques dans l'Arctique. Le Ministère exploite des centres de ressources scientifiques à Inuvik, à Igloolik et à Frobisher Bay, en plus des bureaux que possède l'Étude du plateau continental polaire du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources à Resolute et à Tuktoyaktuk. Divers groupes des universités et du secteur privé disposent d'installations permanentes qui sont accessibles de la mer à l'Inlet Pond, à l'Inlet Rankin, à Poste-de-la-Baleine et à Churchill.

Les laboratoires de recherches du ministère des Affaires indiennes et du Nord sont décrits par le Ministère de la façon suivante.

Les laboratoires prêtent du matériel de toute sorte, depuis les bateaux et les moteurs jusqu'aux bottes, raquettes, tentes et sacs de couchage. Leurs techniciens relèvent les lectures des instruments laissés derrière une fois qu'un chercheur a terminé son travail initial, aident à réparer le matériel et, assez souvent, aident même à mettre sur pied des expériences.

Les trois laboratoires comportent également des locaux où les scientifiques visiteurs peuvent préparer leurs repas et dormir. Ils se tiennent en communication radio avec des équipes sur le terrain par le truchement du Service de télécommunication du Canadien National; les employés des laboratoires font aussi office d'expéditeurs, faisant parvenir le courrier, les pièces d'équipement et la nourriture aux équipes sur le terrain.

Le ministère des Affaires indiennes et du Nord a ouvert le Centre de recherches Ikaluit à Frobisher Bay en août dernier, de sorte qu'il dispose maintenant de trois laboratoires de recherches dans les Territoires du Nord-Ouest, qui assurent des services de soutien à des équipes scientifiques sur le terrain, financées par le gouvernement et par le secteur privé.

Le plus ancien des laboratoires de recherches scientifiques se trouve à Inuvik. Le deuxième a été établi à Igloolik, à l'extrémité nord-ouest du bassin Foxe. Ils diffèrent tant du point de vue de la taille que de celui de l'apparence, mais chacun peut offrir de l'aide dans de nombreuses régions où tout coûte cher.

Chaque laboratoire est équipé d'une bibliothèque, qui sert surtout aux scientifiques mais qui est également accessible au public. Les laboratoires peuvent offrir de l'espace à bureaux, ainsi que de l'espace dans leurs laboratoires bien équipés.

Les laboratoires fonctionnent l'année durant, mais sont surtout occupés en été. Ils poursuivent constamment des recherches de leur propre cru; le laboratoire à Inuvik observe les rayons cosmiques 24 heures par jour et celui d'Igloolik surveille les tremblements de terre à la demande de la Direction de la physique du globe du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources. Cependant, leur principale raison d'être demeure l'aide qu'ils peuvent offrir à d'autres scientifiques.

Quelques-uns des meilleurs clients de ces laboratoires sont des étudiants des deuxième et troisième cycle qui font des travaux de recherches, et certaines des recherches les plus importantes et les plus excitantes ayant été entreprises dans le Nord ont été réalisées par des étudiants qui n'auraient pu mener à bien leurs programmes sans l'aide des laboratoires.

Conseil national de recherches

Le Conseil national de recherches a trois divisions qui s'intéressent aux sciences de la Terre en milieu marin.

Génie mécanique

Cette division s'intéresse dans une certaine mesure aux processus géologiques des régions côtières et à leurs effets sur les structures et sur les grands projets de construction. (1) Processus côtiers: la Division tente de modéliser la dérive littorale des sédiments, ainsi que le transport des sédiments entre la côte et la mer. Les travaux de modélisation sont pour l'instant de nature mathématique, basés sur les résultats d'expériences en laboratoire, mais ils feront tantôt intervenir des travaux sur le terrain, en s'inspirant, par exemple, du travail déjà accompli dans des régions comme les Îles-de-la-Madeleine. Les résultats des études de la Division au sujet du régime côtier ont déjà eu des applications dans tout le Canada: les Îles-de-la-Madeleine, la côte nord-est du Nouveau-Brunswick et les îles artificielles de la mer de Beaufort. (2) Boue: la Division essaie de modéliser le comportement de la boue dans les estuaires et les baies, afin de résoudre les problèmes posés par la rapidité de la siltation après le dragage ou la fermeture d'un estuaire. Ces études ont trouvé des

applications dans l'estuaire de Miramichi et seront utilisées dans la baie de Fundy. La Division collabore avec de nombreuses organisations du Canada, avec lesquelles elle entretient des rapports étroits par l'entremise du Comité associé pour la recherche du CNRC chargé de l'érosion et de la sédimentation des plages (ACROSES). En effet, par le fondement de ce comité, la Division cherche à obtenir la collaboration d'autres organismes pour mettre sur pied une étude pratique du transport des sédiments en milieu côtier à l'aide des instruments appropriés.

Recherches sur les bâtiments

Cette division s'intéresse à la performance théorique des structures et, si on la connaît bien pour son travail au sujet des effets du pergélisol terrestre sur les structures, elle n'a jamais pris part à des études sur le pergélisol en mer. Cependant, poussée par les mêmes intérêts, la division étudie les propriétés de la mer de glace, les forces exercées par la glace sur les structures et l'utilisation de couvertures de glace pour construire des plates-formes destinées à soutenir des charges. (Il en est question dans la partie qui traite du ministère des Affaires indiennes et du Nord). La division s'intéresse à la conception et à la performance des structures érigées sur le quai de Nanisivik; elle se préoccupe aussi des fondations érigées dans le pergélisol, tant sur terre qu'en mer.

Cette division, comme beaucoup d'autres organismes, met ses compétences au service du Comité national canadien chargé du génie sismique, qui conseille à son tour le Comité associé chargé du Code national du bâtiment. Ainsi, on peut prévoir, par exemple, la charge sismique pouvant être appliquée à des structures normales qui sont couvertes par le Code. Le Code en lui-même ne dispose d'aucune autorité; il ne devient loi qu'une fois adopté par une province ou un territoire. Il ne convient pas aux structures construites au large des côtes et n'a pas été conçu pour cela; il n'a pas encore d'équivalent pour les constructions marines. L'Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada prépare actuellement un ensemble de règlements, de lignes directrices et de dispositifs de vérification à utiliser en milieu marin, qui couvriront tous les aspects des structures marines, y compris les effets des charges sismiques.

Génie électrique

Cette division a travaillé en collaboration avec la Huntec dans le Projet des fonds marins, puisque les deux organisations partagent le même intérêt pour le traitement des signaux. Les expériences menées dans l'application de techniques radar pour mesurer l'épaisseur de la glace de mer sont sur le point d'achever, du moins en ce qui concerne les études en laboratoire. Sur le terrain, ce travail a été fait en collaboration avec le C-CORE de Saint-Jean, Terre-Neuve.

Le Conseil national de recherches a divers programmes d'aide au développement industriel, et ses rapports avec la Huntec dans le domaine technologique l'ont amené à s'intéresser au financement d'un programme complémentaire (Seabed Mosaics) et à envisager le financement d'autres travaux que le Projet des fonds marins.

Ministère des Transports

L'influence du ministère des Transports sur le domaine géoscientifique marin est plus grande qu'on ne serait porté à le croire, étant donné que le mandat de ce Ministère se situe dans le domaine du transport national. Voici quelques extraits de la description des objectifs du Programme d'administration et du Programme de transport par eau du Ministère: Établir efficacement des installations et des services essentiels au réseau de transport national; mettre

en place des aides à la navigation et des systèmes de positionnement radio pour guider les navires en mer; offrir des services (de brise-glace) à d'autres ministères et organismes; assurer des services de dépollution et d'autres services d'urgence; établir des ports, des terminaux et des services désignés. Aussi, le Ministère travaille-t-il en collaboration avec beaucoup d'autres organisations, dont certaines s'intéressent aux sciences de la Terre en milieu marin. La Garde côtière canadienne est l'organisme responsable des opérations en mer. Voici des exemples de collaboration:

1. Le Projet de recherches hydrographiques dans l'Arctique (HARP), réalisé par le Service hydrographique du Canada et financé par l'Office de recherche et de développement énergétiques du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, se consacre à des recherches en hydrographie et dans le transport en milieu arctique. La partie du projet qui a trait au transport est coordonnée par le ministère des Transports.
2. Le Ministère s'intéresse à l'aménagement des ports et des terminaux de pipelines (etc.) dans les îles de l'Arctique. Il a donc financé la Commission géologique du Canada pour effectuer des recherches sur la géologie côtière qui n'auraient pas été entreprises autrement et qui ont contribué dans une large mesure à élargir les connaissances sur le régime côtier en général.
3. Le Ministère est chargé des mesures de nettoyage des déversements de pétrole lorsqu'un navire en est responsable; il a déjà été question de ce sujet dans la section qui traitait du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources.
4. Le Ministère, qui offre des aides à la navigation, travaille en étroite collaboration avec le Service hydrographique du Canada, qui étalonne des systèmes comme les nouvelles chaînes LORAN-C; de plus, il produit de nouvelles cartes quadrillées, ainsi que des systèmes permettant de convertir des aides DECCA au LORAN-C.
5. Le Ministère assure des services de brise-glace au Service hydrographique du Canada et au ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources. Grâce à lui, par exemple, les levés bathymétriques et gravimétriques de la baie d'Hudson ont progressé de manière appréciable et le programme de recherche ayant trait au pergélisol au large des côtes a pu se poursuivre. Étant le seul organisme du gouvernement à posséder des brise-glace, il s'avère la principale plate-forme des travaux hydrographiques dans l'Arctique; de plus, il assure un soutien matériel à d'autres ministères gouvernementaux en transportant du carburant, des approvisionnements et de l'équipement à des localités arctiques non desservies par les transporteurs maritimes commerciaux.
6. Au moyen de la caisse de l'Office de recherche et de développement énergétiques du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, le Ministère finance des recherches qui sont faites à contrat par la Direction de la physique du globe sur la physique du pergélisol et des hydrates de gaz.

Ministère de la Défense nationale

Le ministère de la Défense nationale a besoin de données dans le domaine géoscientifique pour mener à bien des activités comme la détection acoustique et magnétique de mines et de sous-marins, l'utilisation des communications acoustiques et la construction de systèmes reposant sur les fonds marins. La rencontre entre le son propagé et le fond marin a des effets sur le rendement des systèmes acoustiques. Afin de modéliser ces effets et de prévoir le rendement de ces systèmes, il faut posséder des données détaillées sur un certain nombre de caractéristiques des fonds

marins, comme la pente, l'échelle de rugosité, le coefficient de réflexion et, à proximité des fonds marins, la vitesse, la densité et l'atténuation du son. Dans les contre-mesures militaires qui font intervenir des mines dormantes et exigent la mise en place de systèmes sur les fonds marins, il est nécessaire de connaître la stabilité sous charge des matériaux constitutifs des fonds marins. Or, dans ce domaine, le Ministère compte sur les données que produisent le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources et le ministère des Pêches et des Océans, la plupart du temps sous forme de publications et de cartes, mais dans certains cas par attribution de tâches précises ou par consultation directe entre fonctionnaires.

Ces préoccupations ont incité le Centre de recherches pour la défense, section de l'Atlantique, à participer à un programme qui a pour but d'étudier les sédiments du plateau continental canadien. Il s'agit du Projet des fonds marins dont il a déjà été question.

C'est dans le domaine des micropulsations géomagnétiques, dans l'étude du bruit magnétique engendré par la houle, dans la lecture du bruit géologique et dans les études sur les très basses fréquences que le ministère de la Défense nationale a apporté sa plus large contribution aux sciences de la Terre en milieu marin. Le Centre de recherches pour la défense, section du Pacifique, à Victoria, effectue des recherches théoriques et expérimentales dans ces domaines depuis environ 1955, en raison de l'intérêt du ministère de la Défense pour des systèmes magnétiques et électriques permettant de détecter des cibles militaires dans l'océan. Ces systèmes, en effet, doivent éviter l'influence du fond naturel de micropulsations géomagnétiques et, dans le cas des systèmes aériens, du bruit géologique et du bruit causé par la houle. Le Laboratoire du Pacifique de ce centre de recherches a mené des études sur les propriétés du bruit géomagnétique d'origine géologique, à l'aide de données recueillies au cours de levés aéromagnétiques exécutés pour son compte par l'Établissement aéronautique national. C'est le Centre de recherches pour la défense, section du Pacifique, qui a découvert et publié l'explication théorique du bruit magnétique engendré par la houle. Ses relevés de micropulsations géomagnétiques, qui ont été pris sur de longues périodes et qui sont d'une excellente qualité, ont fourni des données précieuses pour certaines études théoriques; de plus, ils ont été prêtés à plusieurs universités pour fins de comparaison avec des données prises par satellite. Au fil des ans, le Centre a fourni à l'industrie une aide scientifique qui a contribué à la mise au point de magnétomètres et a conclu des contrats avec la CTF Systems Ltd. pour la mise au point d'un gradiomètre sensible basé sur un dispositif d'interférence à quantum superconducteur.

Le ministère de la Défense se tient en contact avec des scientifiques du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources qui travaillent également dans ce domaine, et les deux ministères ont financé conjointement quelques-uns des projets de mise en valeur industriels.

Toujours en rapport avec le domaine géoscientifique marin, le ministère de la Défense nationale a un petit programme de recherche sur les fonds marins dont l'exécution est confiée au Collège militaire Royal Roads des Forces canadiennes à Victoria. Au moyen d'un profileur acoustique de sous-sol marin et d'un sonar à balayage latéral, il exécute le levé de certains ports et mouillages aménagés dans le détroit de Juan de Fuca et prélève des carottes de certains éléments du sous-sol marin. Les levés acoustiques sont aussi accompagnés de mesures magnétiques.

Le ministère de la Défense nationale possède et exploite le **Endeavor**, navire auxiliaire de la Marine canadienne, qui fait partie de la flotte de la côte Ouest, en s'associant parfois à d'autres organismes, comme le ministère des Pêches et des Océans.

Ministère de l'Industrie et du Commerce

Le ministère de l'Industrie et du Commerce a pour rôle de favoriser la croissance économique du Canada par la promotion des échanges commerciaux et par des projets industriels. Dans l'exécution de ce dernier aspect de son mandat, il tient compte évidemment des possibilités commerciales des ressources marines, comme le pétrole. En particulier, les sociétés canadiennes qui ont besoin d'une aide financière pour mettre au point des pièces d'équipement qui ont un rapport avec le domaine géoscientifique marin devraient s'adresser à ce ministère.

Le Ministère a également le souci de faire en sorte que les Canadiens soient mieux en mesure de fournir le matériel et les services nécessaires à la mise en valeur des ressources au large des côtes canadiennes. Le marché des ressources marines canadiennes sera vraisemblablement considérable, et il est important que les Canadiens en retirent une juste part.

Ces fonctions viennent s'ajouter au rôle traditionnel du ministère de l'Industrie et du Commerce dans la promotion des échanges commerciaux, qui peut aider des sociétés canadiennes à vendre leurs pièces d'équipement et, par le fait même, à élargir leur gamme de produits.

Agence canadienne de développement international

L'ACDI a financé deux projets océanographiques d'importance au cours des dix dernières années, dans le cadre de son programme d'aide aux pays moins développés. Dans un cas, il s'agissait d'une étude multidisciplinaire de la marge continentale du Sénégal et de la Gambie, exécutée par le Service hydrographique du Canada à bord du **Baffin**, en 1976. Les travaux faisant intervenir des sciences de la Terre en milieu marin ont été faits par le Centre géoscientifique de l'Atlantique de la Commission géologique du Canada. À cela, s'ajoutent deux projets comportant peu de travaux géoscientifiques. L'ACDI a aussi financé une expédition du **Baffin** au Pérou, ainsi qu'un projet du ministère des Pêches et des Océans visant à aider l'Inde à construire un navire de recherches.

Ministère des Travaux publics

Le ministère des Travaux publics s'intéresse aux sciences de la Terre en milieu marin du fait qu'il est appelé à construire des structures dans la zone côtière, comme des brises-lames. En conséquence, la réfraction des ondes, l'érosion, le transport et le dépôt des sédiments dans la zone côtière et les forces exercées par la glace sur les structures sont autant de questions qui le préoccupent. Il exécute peu de travaux de recherche et de développement de son cru, sauf dans le domaine de l'informatique pour l'analyse des données sur les vagues et les vents, mais il travaille alors en collaboration avec de nombreux organismes et finance même souvent les projets en question. Il travaille également avec le secteur privé, les universités, et des organismes fédéraux comme le Conseil national de recherches, le Centre canadien des eaux intérieures et la Commission géologique du Canada. Par exemple, le Ministère s'est associé avec la Commission pour régler les problèmes de dragage dans l'estuaire de Miramichi, avec la Arctec Canada Limited pour trouver des moyens de mesurer les forces des glaces, et avec l'Université Memorial pour établir les critères techniques à utiliser dans l'étude des forces exercées par la glace sur des structures côtières.

Ressources utilisées dans le domaine géoscientifique marin par le gouvernement du Canada

Les chiffres donnés ci-après doivent être utilisés avec prudence, pour plusieurs raisons:

1. Les ressources affectées au domaine géoscientifique marin et que l'on a retenues ici sont consacrées à des recherches ou à des études relatives à la ligne de base en sciences de la Terre en milieu marin, ou contribuent assez directement à ces travaux; ces chiffres apparaissent au tableau 3.1A. Cependant, de nombreux travaux, pourtant très précieux pour les spécialistes du domaine géoscientifique marin, sont réalisés dans le cadre de programmes nationaux qui ont une autre raison d'être. Le tableau 3.1B présente une sélection arbitraire de ces travaux. La liste donne également les coûts de quelques autres programmes bien définis du gouvernement fédéral (tab. 3.1C), de façon à présenter une meilleure idée de l'importance relative des dépenses engagées dans le domaine géoscientifique marin.
2. L'exercice financier utilisé est 1978-1979 ou 1979-1980, selon la source.
3. Les chiffres suivis d'un * ne sont qu'approximatifs, soit que l'on ne possède pas de données sur la participation extérieure d'un organisme (LOREX, par exemple) et qu'il a alors fallu faire une estimation, soit que la répartition des coûts entre des organismes ne soit pas claire.
4. Tous les coûts (total de \$) comprennent les dépenses en traitements, sauf lorsque les chiffres sont marqués d'un #. Les traitements ont été estimés à raison de 40 000 \$ par année-personne; cette estimation est trop basse, mais elle assure une certaine uniformité (le CNRC utiliserait plutôt 55 000 \$).
5. Les chiffres ne comprennent pas le temps de navire fourni par le ministère des Transports en faveur des sciences de la Terre en milieu marin (peut-être 20 jours à 25 000 \$ par jour, ce qui donne 300 000 \$), ni les contributions du CCT dans la télédétection des bilans sédimentaires, par exemple, ni les ressources que le ministère de l'Environnement consacre à ses programmes environnementaux.
6. Les chiffres donnés par les sources peuvent être remaniés de diverses façons, selon les questions que l'on se pose.

Note du rédacteur. Même s'il est difficile d'évaluer avec précision les ressources affectées par le gouvernement fédéral, les tableaux ci-après rendent compte de l'ampleur des dépenses consacrées à des programmes qui soutiennent, directement ou indirectement, les travaux géoscientifiques en milieu marin au Canada. Le tableau 3.1A indique que le gouvernement fédéral consacre actuellement près de 250 années-personnes et 16 millions de dollars par année à des programmes directement axés sur le domaine géoscientifique marin. Les ministères de l'Énergie, des Mines et des Ressources et des Pêches et des Océans en assurent la majeure partie du financement (6,5 millions et 5 millions de dollars respectivement), tandis que la Commission géologique en est le principal organisme exploitant (10 millions de dollars). Le budget de 16 millions de dollars a été consacré en majeure partie à la géologie et à la géophysique régionales, surtout dans l'Est du Canada et dans l'Arctique (10 millions de dollars, tableau 3.2). Or, quelque 250 millions de dollars vont à Parcs Canada et au Service canadien des forêts, quelque 110 millions au Service de l'environnement atmosphérique et près de 120 millions au Service de la protection de l'environnement et au Service de la conservation de l'environnement, qui relèvent tous du ministère de l'Environnement.

Commentaires

Note du rédacteur. M. M.J. Keen a invité ses collègues à commenter le document précédent. Il a reçu des commentaires sous diverses formes et les a restructurés pour les présenter ici.

Par B.R. Pelletier CGC (addenda)

1. Liaison entre les scientifiques du gouvernement et leurs homologues de l'industrie.

Un bon exemple de ce genre d'activités est le travail effectué par M. S.N. Blasco dans la mer de Beaufort, en collaboration avec MM. J.A.M. Hunter et A. Judge. Ces personnes siègent à des comités d'orientation de la recherche et participent à des projets de travail avec des experts-conseils et des entrepreneurs du secteur privé. Le travail de M. C.F.M. Lewis et de ses nombreux collègues dans le gisement Hibernia, au large des côtes de Terre-Neuve, illustre également la large contribution que rendent possible la consultation et les projets mixtes. Ce genre de collaboration se pratique également dans bon nombre de régions marines et côtières du Canada, notamment la baie Baffin, le détroit de Davis et l'archipel Arctique.

2. Contributions visant à résoudre des problèmes scientifiques, et leurs applications pratiques.

Il serait trop long de les énumérer toutes, mais certaines contributions importantes sont à signaler. Ce qui est connu des rapports entre la géologie de surface et les risques des travaux techniques au large des côtes canadiennes, a surtout été établi par des géologues de la mer de la Commission géologique. Les travaux exécutés par ces spécialistes vont de l'étude des risques liés aux sédiments migrants (limons et sables, principalement sous forme de rides et d'ondulations) et de l'érosion connexe par les courants le long de la région côtière et du plateau inférieur, jusqu'aux recherches sur l'effondrement du substratum attribuable à une instabilité mécanique du bord du plateau et de la pente continentale.

Ces travaux englobent également la découverte et l'analyse, dans la mer de Beaufort, de l'érosion des fonds marins par les glaces, des pingos sous-marins et du thermokarst sous-marin, ainsi que des effets que ces phénomènes auront sur le transport maritime et sur la recherche et la mise en valeur des hydrocarbures en mer. D'autres détails sous-marins, tels que les hydrates gazeux et gelés, ont été analysés conjointement par des scientifiques de l'industrie et du gouvernement sous les aspects des risques et de l'activité commerciale. L'érosion des fonds marins par les glaces sur la côte Est fait aussi l'objet d'études conjointes avec l'industrie et des établissements de recherches de Dartmouth, de la Nouvelle-Écosse et de Saint-Jean, Terre-Neuve.

D'autres projets sont également à signaler: les études paléo-océaniques sur le plateau du Labrador par MM. G. Wilks et R. Fillon; l'énorme contribution cartographique de M. L.H. King et associés; l'immense appui assuré par la subdivision de la géologie pétrolière de l'Est; les travaux de MM. D.E. Buckley et M.A. Rashid qui ont permis de faire la lumière sur les trajectoires des agents géochimiques; les études de M.C. Amos sur le bilan sédimentaire dans la région de la baie de Fundy; les contributions particulières des travailleurs du domaine côtier (fig. 3.2 et 3.9); les études de longue date des spécialistes de la géophysique marine sur les marges continentales, et leurs relations avec le comportement de la croûte autour des trois océans; les nouvelles données géologiques au sujet de la marge du Pacifique acquises grâce à l'emploi des submersibles et aux observations géophysiques; et l'établissement de la nouvelle carte de la géologie de surface du plateau du Pacifique. Sans doute pourrait-on obtenir des résultats plus intéressants en sollicitant les commentaires des scientifiques eux-mêmes.

Tableau 3.1. Ressources affectées par le gouvernement fédéral à la recherche géoscientifique en milieu marin

(A) Programmes avec participation directe						
Programme	Organisme Exploitant	Lieu	FINANCEMENT			Notes
			A.P.	Total de \$	Organisme	
Géologie et géophysique marines, au large de la côte Est du Canada et dans l'Arctique	CGC	IOB	99 --	4319 2588	ÉMR MPO	Centre géoscientifique de l'Atlantique Par exemple, temps de navire
Géologie et géophysique de la marge ouest	CGC et DPG	ISO	17,35	1300 1000	ÉMR MPO	Centre géoscientifique du Pacifique Temps de navire
Géologie marine de l'Arctique	CGC	Ottawa	0,75	40	ÉMR	Science des terrains
Hydrographie et gravimétrie de l'Arctique	DPG, SHC et ÉPCP	Ottawa, CCEI	0,25	100 730	ÉMR ÉMR	Direction de la physique du globe ÉPCP (aéronefs, etc.)
Expérience de la crête Lomonosov (LOREX)	DPG, ÉPCP	Ottawa	15*	1500	ÉMR	Typique d'un programme important; ÉPCP (aéronefs, etc.)
Études géoscientifiques, évaluation et conservation des hydrocarbures, au large de la côte Est	ARGTC	Ottawa, IOB	13	400	ÉMR	
Cartographie marine et GEBCO	SHC avec CGC	À travers le pays	27	909	MPO	
Étude sismique du pergélisol	CGC	Ottawa	3	160 6	ÉMR ÉMR	CGC ÉPCP
Aéromagnétisme marin	CGC	Ottawa	1	104 150*	ÉMR CNRC	Aéronefs, estimations
Carte aéromagnétique de l'Arctique	CGC	Ottawa	3	100*	ÉMR	Pas uniquement marin
Études géologiques des Grands Lacs	CCEI	CCEI	25 3	610 60	ME MPO	
Gestion du littoral, Grands Lacs	CCEI	CCEI	8	205	MPO	
Techniques acoustiques	CCEI	CCEI	13 2	300* 40*	MPO ME	
Morphologie côtière	CNRC	Ottawa	2	85*	CNRC	
Structures côtières dans la glace	CNRC	Ottawa	2	285	CNRC	
Dynamique des vagues	CNRC	Ottawa	4	230	CNRC	
Programmes géotechniques: pergélisol et glace de mer	CNRC	Ottawa	2	130	CNRC	
Études de la zone côtière	MTP	Ottawa	1	630*	MTP	
Géologie et géophysique marines	CRDA CRDP	Dartmouth Nanaimo	3	210*	MDN	Contribution mineure de l'ÉPCP
Études géoscientifiques et évaluation des hydrocarbures au large des côtes au nord du 61°18'N	APGTC	Ottawa	6	348	APGTC	
Étude géologique des puits de la mer de Beaufort et conservation pour l'APGTC	CGC	Calgary	7*	362	ÉMR	IGSP
Programme ministériel d'évaluation du pétrole et du gaz	CGC	Calgary	5	325	ÉMR	Au pro-rata, 5/8 du coût total, IGSP seulement
Géologie marine aux laboratoires d'Inuvik et d'Igloodik	MAIN	Inuvik et Igloodik	1	50	MAIN	Estimation d'après les dépenses totales des laboratoires
Géologie de la mer de Beaufort	CGC	Calgary	7	362	ÉMR	
			270	17 638		

Principales omissions: CCT au large des côtes; temps de navire fourni par le ministère des Transports; diverses dépenses mineures: peut-être 500 000 \$?

Tableau 3.1 (suite)

(B) Programmes avec participation indirecte					
Programme	Organisme Exploitant	Lieu	FINANCEMENT A.P. Total de \$ Organisme		Notes
Génie marin au large de la côte Est, au sud du 61°18'N	APGCT	Ottawa		ÉMR	Réglementation, etc.
Environnement physique et biologique	APGTC	Ottawa		ÉMR	Questions environnementales sur la côte Est, au sud du 61°18'N
Marées, courants et niveau de l'eau	SHC	À travers le pays		MPO	
LORAN-C	SHC	À travers le pays		MPO	
Navigation pour le transport dans l'Arctique	SHC	À travers le pays		MPO	
Bureau des affaires environnementales	ÉMR	Ottawa		ÉMR	Coordination et expédition
Bureau fédéral d'examen des évaluations environnementales	ME	Ottawa		ME	BFEÉE
Environnement du Nord	MAIN	Ottawa		MAIN	Surtout des travaux de réglementation
(C) Pour fins de comparaison: coûts d'autres services fédéraux					
Programme	Organisme Exploitant	Lieu	FINANCEMENT A.P. Total de \$ Organisme		Notes
Service de l'environnement atmosphérique	ME	Ottawa		ME	Soit 114,3 millions de dollars
Service de la protection de l'environnement	ME			ME	
Service de la conservation de l'environnement	ME	Ottawa		ME	
Service canadien des forêts	ME	Ottawa		ME	
Parcs Canada	ME	Ottawa		ME	
Abréviations					
CGC	Commission géologique du Canada		ÉMR	Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources	
DPG	Direction de la physique du globe		MPO	Ministère des Pêches et des Océans	
SHC	Service hydrographique du Canada		ME	Ministère de l'Environnement	
ÉPCP	Étude du plateau continental polaire		MAIN	Ministère des Affaires indiennes et du Nord	
APGTC	Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada		CNRC	Conseil national de recherches du Canada	
			MTP	Ministère des Travaux publics	
IOB	Institut océanographique Bedford, à Dartmouth		MDN	Ministère de la Défense nationale	
ISO	Institut des sciences océaniques, à la baie Patricia		BFEÉE	Bureau fédéral d'examen des évaluations environnementales	
CCEI	Centre canadien des eaux intérieures		*	Approximatif	
IGSP	Institut de géologie sédimentaire et pétrolière				
CRDA	Centre de recherches pour la défense, Atlantique				
CRDP	Centre de recherches pour la défense, Pacifique				

Tableau 3.2. Ventilation des dépenses fédérales par sujet: 1979-1980

	en milliers de \$
(1) <u>Géologie et géophysique régionales</u>	
Est du Canada et partie est de l'Arctique	6567
Ouest du Canada	1040
Arctique	3362
Grands Lacs	1215
Cartographie hydrographique des océans (GEBCO)	909
(2) <u>Études côtières orientées vers la construction</u>	1230
(3) <u>Défense</u>	210
(4) <u>Évaluation et conservation des hydrocarbures</u>	1443
	<u>15 976</u>
À noter que cette ventilation est approximative.	

3. Groupes de travail et comités.

Le rôle du géologue de la mer au sein des groupes de travail constitués avec d'autres ministères est en bonne partie responsable du succès de certains projets, comme le groupe d'études régionales du détroit de Lancaster, qui relève du ministère des Affaires indiennes et du Nord et qui a pour mandat de produire un document destiné au Conseil des ministres (Livre vert) sur les utilisations du détroit de Lancaster. Les activités de plusieurs géoscientifiques de la mer du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources ont été coordonnées par un agent de la Commission géologique. Plusieurs années plus tôt, une coordination semblable avait été assurée pour un document sur les risques de forage dans le détroit de Lancaster (ministère des Pêches et des Océans), sur la construction en milieu froid (CNRC) et sur les travaux de nombreuses commissions d'évaluations environnementales pour toutes les zones côtières du Canada.

Depuis longtemps, les géoscientifiques de la mer employés par le gouvernement ont des contacts avec l'industrie au cours des séances techniques organisées dans le cadre des symposiums. La première conférence géotechnique marine du Canada est un excellent exemple de cet effort, tant du point de vue de l'organisation que du point de vue de la participation effective à la conférence. Ce dernier aspect est important parce qu'il permet à l'industrie d'avoir des contacts immédiats avec les scientifiques gouvernementaux, et à ces scientifiques de se faire connaître du secteur privé.



Figure 3.9. Poussée de glace sur la côte nord de l'île Somerset. En juillet 1973, une masse de glace flottante de 8 km de longueur a frappé la rive ouest du cap Fisher. La marque qu'elle a laissée indique la position de la pointe de glace qui s'est étendue jusqu'à 185 m dans les terres; la photographie a été prise en juillet 1974 (tiré de Taylor, R.B., 1977, *Arctique*, vol. 31, p. 133 à 149). (CGC 202728-G)

Le concept des ateliers est également utilisé dans les universités et dans d'autres établissements de recherche du secteur privé. Un bon exemple à cet égard est l'organisation de la première conférence nationale du Canada sur le littoral, dont les actes ont été publiés par la Commission géologique du Canada. Les nombreux comités associés du CNRC, en particulier ACROSES, qui s'occupe de la recherche en milieu côtier, ont donnée une merveilleuse impulsion au domaine important des sciences de la Terre en milieu marin.

4. Ministère de l'Industrie et du Commerce

En plus de l'aide qu'il apporte à la Huntex Ltd., le ministère de l'Industrie et du Commerce a aidé la communauté géoscientifique marine à promouvoir l'utilisation du submersible **Pisces IV** (ministère des Pêches et des Océans), ainsi que du submersible pour les plongeurs (le **SDL-1** pour le compte du ministère de la Défense nationale). Le **Pisces IV** a été employé pour réaliser des observations directes des fonds marins, ainsi que pour prélever des échantillons géologiques, qui se sont tous avérés très utiles pour la production de rapports descriptifs d'une région. Les observations ont également permis d'effectuer des interprétations géologiques plus justifiables dans des régions qui ne sont pas directement accessibles à la vue. Des submersibles **Pisces IV** ont également été employés dans les trois océans qui entourent le Canada, ainsi que dans les chenaux de l'Arctique, dans la baie d'Hudson et sur la côte Est.

Par W.W. Milne Direction de la physique du globe. Bien que le ministère des Pêches et des Océans attribue une part raisonnable du temps de navire disponible aux sciences de la Terre en milieu marin, on peut affirmer que la période allouée ne suffit qu'à maintenir le rythme actuel des levés systématiques. Cependant, il est difficile pour les géoscientifiques de répondre aux besoins engendrés par la mise en valeur des ressources au large des côtes. Le secteur privé devra peut-être se doter des ressources requises pour le faire, en assurant un contrôle approprié de la qualité de manière à ce que les observations puissent être incluses dans les banques de données nationales.

Au nombre de progrès positifs, il est indéniable qu'au large des côtes Est et Ouest dans l'Arctique, les programmes géoscientifiques du gouvernement fédéral ont apporté de larges contributions à la mise en valeur des ressources et ont contribué dans une grande mesure à comprendre les processus tectoniques qui se déroulent le long des marges continentales.

Par C.R. Mann Institut des sciences océaniques, baie Patricia. Il faudrait insister très fortement sur le fait que les scientifiques du gouvernement ont le devoir de rassembler toutes les données disponibles pour broser un tableau à grande échelle de la géologie et en interpréter les processus. Cependant, le gouvernement n'a pas suffisamment de personnel pour accomplir cette tâche et rendre compte des résultats à l'industrie.

Par O.H. Loken Direction de la protection de l'environnement du Nord

1. Les préoccupations exprimées par l'auteur en ce qui concerne l'affectation des scientifiques à des travaux d'évaluation sont entièrement partagées. Cependant, le problème est encore plus aigu dans les sciences de l'environnement, comme la faune, la végétation, etc. On ne parle que de Hibernia, mais il existe aussi un grand nombre d'autres projets (mer de Beaufort, Polar Gas, Projet pilote de l'Arctique, forages au large des côtes est de l'Arctique, Norman Wells) qui accentuent le problème.

2. En participant massivement à des projets en collaboration avec le secteur privé, les scientifiques gouvernementaux risquent de concentrer leurs efforts sur des recherches à court terme qui n'ont de l'importance que pour un élément particulier de l'industrie. À titre de scientifiques du gouvernement fédéral, ils doivent être en mesure d'aborder un large éventail de questions scientifiques, ainsi que des problèmes dont la solution ne se trouve qu'à long terme.
3. Les scientifiques du gouvernement ont le devoir d'établir des normes de qualité pour les données recueillies par l'industrie, de manière à pouvoir améliorer la base d'information du gouvernement fédéral au profit de la recherche commanditée par l'industrie.
4. On considère généralement que les études commanditées par l'industrie sont également financées par l'industrie mais, en fait, elles sont très largement financées par le Trésor fédéral grâce à des amortissements fiscaux et, depuis plus récemment, à des subventions. Or, cette aide financière du gouvernement fédéral arrive à un moment où les établissements scientifiques du gouvernement subissent des contraintes financières. Il faudrait se demander si cet appui financier ne devrait pas plutôt être consenti directement à des scientifiques du gouvernement fédéral.

Par J. Ploeg Division du génie mécanique, CNRC

1. Les scientifiques du laboratoire de l'hydraulique ont la profonde conviction que les services du génie côtier du gouvernement (Travaux publics, Transports, Pêches et Océans) ont la responsabilité de donner suite aux résultats de leurs travaux. Tant que ces organisations cesseront de penser à la conception des structures une fois leur construction achevée, ils ne pourront faire autrement que répéter leurs erreurs.

Un bon exemple de cet état de fait est la récente modification apportée au port de Pointe Sapin au Nouveau-Brunswick, où l'on a adopté une approche assez radicale pour freiner la sédimentation à l'embouchure du port. Les ministères des Travaux publics et des Pêches et des Océans ont participé à la conception du projet, et l'essai des modèles a été effectué ici même au CNRC. Étant donné que le nouveau brise-lames a été construit en 1979, le seul contrôle qui ait été fait, semble-t-il, est un levé hydrographique que le ministère des Travaux publics a effectué en 1980, auquel s'ajoutent trois jeux de photographies aériennes qui ont été prises pour la Division du génie mécanique. Que cette approche assez radicale réussisse ou échoue, la raison en demeurera sans doute à jamais inconnue. Déjà, les deux ministères en questions pressent le Laboratoire de l'hydraulique pour effectuer une étude similaire dans un petit port des Îles-de-la-Madeleine.

Le dragage des chenaux qui doit commencer cette année dans l'estuaire de Miramichi, au Nouveau-Brunswick, est un autre cas nécessitant une surveillance pendant et après la construction. L'étude de la faisabilité de ce projet de dragage a coûté des millions de dollars et de nombreux scientifiques canadiens, parmi les plus reconnus oeuvrant en milieu marin, y ont participé. Pourtant, il semble qu'aucun budget n'ait été prévu pour vérifier les hypothèses et les conclusions de cette étude en fonction de la situation réelle de l'estuaire.

C'est peut-être la faute des ingénieurs en général plutôt que celle des ingénieurs du gouvernement en particulier. Quit qu'il en soit, le gouvernement est beaucoup plus actif dans la zone côtière que ne l'est le secteur privé et donc mieux placé pour modifier l'attitude des ingénieurs côtiers du Canada.

2. Il faudrait parler de la nécessité d'exécuter des études relatives à la ligne de base dans l'Arctique au moyen du concept de l'ÉPCP, et ces études devraient dicter et non suivre les exigences de l'industrie (milieu et climat).

LES ORGANISMES GOUVERNEMENTAUX, ÉTABLISSEMENTS ET UNIVERSITÉS DANS LE NORD DU CANADA – C.P. Lewis

D'après ce que a été dit jusqu'ici, il est évident que la participation des organismes gouvernementaux, des établissements et des universités dans la recherche en sciences de la Terre en milieu marin dans le Nord du Canada est considérable. Cela n'a rien de surprenant si l'on considère l'étendue et l'importance croissante de la région marine de l'Arctique. Toutefois, il est un peu étonnant, du moins à première vue, de constater que, jamais jusqu'ici, les projets nordiques n'ont été effectués par des organisations établies dans le Nord; aucun projet de recherche du domaine géoscientifique marin n'est financé par des organisations du Yukon ou des Territoires du Nord-Ouest, aucun géoscientifique de la mer du gouvernement ou d'une université n'a un bureau dans le Nord et il existe dans le Nord aucune installation permanente consacrée à la recherche marine ou même aux sciences de la Terre.

Cependant, si l'on examine la situation de plus près, on constate qu'il existe de bonnes raisons qui justifient cet état de fait. L'absence d'université dans le Nord diminue les possibilités d'une présence permanente du secteur universitaire dans un domaine scientifique donné. En outre, la répartition des responsabilités gouvernementales entre le Sud et le Nord est telle que les chances de voir s'établir des travaux de recherche dans le Nord, en particulier dans les sciences physiques, sont minces. Les activités fédérales qui sont établies dans le Nord sont orientées essentiellement vers la prestation de services et l'application de règlements; la recherche nordique est, en majeure partie, structurée de telle sorte qu'elle est intégrée à la recherche effectuée par les ministères et organismes fédéraux dans le Sud. Certains projets ont été financés par l'entremise des groupes de géologie minière du gouvernement fédéral dans le Nord mais, jusqu'à présent, le domaine marin n'y a jamais participé. Qui plus est, les gouvernements des territoires s'occupent peu des sciences de la Terre ou de la recherche connexe dans le domaine du génie des régions froides; leurs travaux ont porté sur des questions sociales et économiques et sur la mise en valeur des ressources renouvelables.

Bien qu'il existe dans le Nord aucune installation qui se consacre exclusivement à de la recherche marine, un certain nombre d'organisations ont des équipements dans cette région du pays, certains permanents et d'autres temporaires, au service de la science en général. Il s'agit, par exemple, de l'Étude du plateau continental polaire du gouvernement fédéral, qui a des bases à Resolute et à Tuktoyaktuk, le ministère des Affaires indiennes et du Nord, qui exploite des centres de ressources scientifiques à Inuvik, à Igloolik et à Frobisher Bay, ainsi que diverses universités et groupes du secteur privé qui possèdent des installations permanentes et accessibles de la mer à Pond Inlet, Rankin Inlet, Poste-de-la-Baleine et Churchill. On compte parmi les genres de services que y sont offerts, la fourniture de matériel scientifique et logistique, l'hébergement et les repas, le transport, y compris le transport aérien, le matériel et les services de communications, les services d'expédition, l'espace de laboratoire, de bureau et de travail et l'aide technique. Certaines de ces organisations, en particulier l'Étude du plateau continental polaire, apportent une contribution importante et précieuse à la recherche dans le domaine géoscientifique marin, sur terre et en mer.

Il semble peu probable que la situation actuelle se modifie de façon appréciable dans l'avenir immédiat. On considère encore que la population du Nord du Canada est trop faible et dispersée, et l'infrastructure trop limitée, pour justifier l'établissement d'une université polyvalente comme on en trouve dans le Sud. La même remarque s'applique aux établissements de recherche comme l'"Institut de la recherche et du développement en génie des régions froides", dont la création vient d'être proposée; en effet, pour être efficaces, ces établissements doivent être situés sur le domaine universitaire, ou à proximité. On ne pense pas non plus que des changements dans la répartition des responsabilités gouvernementales entre le Sud et le Nord auraient des effets appréciables sur la recherche géoscientifique en milieu nordique. Il est cependant possible d'accroître l'importance de l'aide scientifique générale accordée dans le Nord, ce qui serait fort utile aux spécialistes du domaine géoscientifique marin entre autres. Le ministère des Affaires indiennes et du Nord établit actuellement un nouveau cadre pour l'aide scientifique consentie dans le Nord, que l'on veut plus sensible aux besoins du milieu nordique mais qui, en même temps, devrait améliorer les services offerts aux chercheurs du Sud. La nature précise de ce nouveau cadre sera définie d'ici à 1982, et sa mise en application devrait avoir lieu tout de suite après. Toutefois, même avec une amélioration des services dans le Nord, la plupart des travaux exécutés dans le domaine géoscientifique marin, en particulier les projets en mer qui réclament des mises de fonds considérables, exigent un énorme matériel et dépendent d'autres connaissances connexes, devront encore compter sur l'aide et les décisions du Sud.

LE PROCESSUS FÉDÉRAL D'EXAMEN DES ÉVALUATIONS ENVIRONNEMENTALES – M.J. Keen

Le Processus fédéral d'examen des évaluations environnementales a été appliqué à des projets et à des travaux de mise en valeur en milieu marin; des sociétés privées et des organismes gouvernementaux y ont consacré beaucoup de temps et d'argent, et c'est pourquoi il mérite que l'on s'y attarde. La majorité des renseignements qui suivent proviennent d'un document préparé par le ministère de l'Environnement.

Processus

En décembre 1973, le Conseil des ministres a jugé souhaitable d'établir le Processus d'examen des évaluations environnementales au sein du gouvernement fédéral, afin de s'assurer que les ministères et organismes prendraient en considération la question de l'environnement dans la planification et l'exécution des projets, programmes ou travaux, qu'ils mettaient eux-mêmes en oeuvre, pour lesquels des deniers publics étaient sollicités, ou encore qui utilisaient des propriétés fédérales. Les sociétés de la Couronne et les organismes de réglementation sont invités à se soumettre au Processus, mais ne sont pas tenus de le faire.

En particulier, les ministères et organismes devaient:

- a. entreprendre ou obtenir en temps opportun une évaluation des effets possibles de leurs projets sur l'environnement, avant que des engagements ou des décisions irrévocables ne soient pris au sujet de tous les projets susceptibles d'avoir des répercussions néfastes sur l'environnement;
- b. soumettre à l'examen du ministère de l'Environnement les évaluations de tous les projets importants susceptibles d'avoir des effets appréciables sur l'environnement;
- c. tenir compte des résultats des évaluations environnementales et de l'examen dans la conception, la construction, l'application et l'exploitation des projets, en

accordant à la question de l'environnement la même importance qu'aux questions économiques, sociales, techniques et autres;

- d. inclure dans leurs prévisions des programmes et budgets annuels les sommes d'argent nécessaires pour se conformer à l'esprit de cette politique et de ce programme.

Le ministère de l'Environnement, en collaboration avec d'autres ministères, devait établir les mécanismes nécessaires pour appliquer le Processus, permettre au public de se prononcer sur des questions environnementales, tenir des audiences publiques au besoin, créer des commissions d'évaluation environnementale auxquelles siégerait un représentant du ministère promoteur, obtenir la collaboration des provinces et des territoires dans l'examen de projets qui relèvent de plusieurs compétences et, dans ces cas spéciaux, mettre sur pied une commission d'examen environnementale sans lien de dépendance avec la Fonction publique.

La composition et les fonctions des commissions d'évaluation environnementale chargées d'examiner les déclarations des ministères promoteurs ont été formulées explicitement; les commissions devaient présenter au ministre de l'Environnement des recommandations sur l'acceptabilité des projets du point de vue de l'environnement.

Le Processus d'examen des évaluations environnementales a été créé officiellement le 1er avril 1974, suivant la décision de 1973 du Conseil des ministres. Cette décision prévoyait la possibilité d'apporter au Processus les modifications dictées par l'expérience. Aussi, en février 1977, le Conseil des ministres a décidé de rajuster le Processus:

- a. pour permettre que des membres de l'extérieur du ministère de l'Environnement et du ministère promoteur soient nommés au sein des commissions;
- b. pour renforcer les mécanismes d'examen alors en vigueur, et ainsi obtenir suffisamment d'information pour évaluer l'efficacité de la phase "évaluation" du Processus;
- c. faire en sorte que les ministères et organismes fédéraux fournissent des renseignements et sondent l'opinion publique au sujet de leurs projets dès le début de la planification, avant que ne soient prises des décisions importantes qui pourraient être difficiles à modifier, peu importe l'opinion publique;
- d. prévoir la répartition des coûts des évaluations environnementales entre le gouvernement fédéral et les promoteurs des projets.

Dans la Loi de 1979 sur l'organisation du gouvernement, le Parlement a ordonné notamment ce qui suit:

- i. Le ministre de l'Environnement, dans l'exercice de ses pouvoirs et fonctions, doit (a) mettre en train, recommander et entreprendre des programmes, et coordonner des programmes du gouvernement du Canada, qui visent (...)
- ii. à s'assurer que les nouveaux projets, programmes et activités du gouvernement fédéral soient soumis, dès le début de la planification, à un examen qui a pour but de déterminer leurs effets néfastes possibles sur la qualité du milieu actuel, et à un autre examen s'ils s'avèrent susceptibles d'avoir des effets néfastes appréciables, et que les résultats de ces examens soient pris en considération (...).

Au début, le Processus était appliqué, et les commissions établies, par une direction du ministère de l'Environnement, dans le cadre du mandat de ce ministère. Cependant, l'application du Processus et les activités des commissions ont depuis été dissociées du Ministère et en sont

maintenant indépendantes. Ces fonctions incombent désormais au Bureau fédéral d'examen des évaluations environnementales, dirigé par un président exécutif qui, pour les questions d'exploitation, relève directement du ministre de l'Environnement. Le Bureau est financé par le ministère de l'Environnement, en vertu de son Programme d'administration.

À l'été 1980, le Processus en était à sa septième année d'existence; 13 commissions d'examen avaient fait rapport au ministre de l'Environnement, et quelque 18 évaluations environnementales étaient en cours d'examen.

Le Bureau d'examen des évaluations environnementales est le premier à admettre que le Processus actuel pourrait être amélioré. Par exemple:

1. On se demande s'il n'y aurait pas lieu que le "promoteur", c'est-à-dire l'organisme gouvernemental qui met en branle le Processus, soit représenté au sein de la Commission ou ait un mot à dire dans la nomination de ses membres.
2. Les organismes gouvernementaux déterminent eux-mêmes si un projet est susceptible d'avoir des "effets appréciables sur l'environnement". Or, s'ils jugent que ce n'est pas le cas, le projet poursuivra son cours normal, sans que le public ne soit invité à se prononcer à ce sujet par le mécanisme du Processus d'examen des évaluations environnementales. Est-ce correct?

Par suite de commentaires de ce genre, dont seulement deux exemples sont présentés, des projets de modification de la loi font actuellement (automne 1980) l'objet de discussions. Essentiellement, ces projets de modification visent à renforcer le Processus et à assurer une plus grande participation du public.

Répercussions sur le milieu marin

Il est important de prendre en considération les répercussions environnementales de nombreux projets qui ont lieu en milieu marin, et ce pour plusieurs raisons. Un projet peut réclamer des sommes d'argent du gouvernement fédéral, comme c'était le cas de la centrale marémotrice du bassin d'Annapolis. Un projet peut se dérouler sur des terres fédérales, donc utiliser des propriétés du gouvernement fédéral, comme c'est actuellement le cas des forages exploratoires exécutés sur le plateau de la Nouvelle-Écosse (du moins de l'avis du gouvernement fédéral). Les ministères qui "lancent" des projets, en fournissant des deniers publics par exemple, ou qui gèrent des terres fédérales ont le droit de dire qu'un "projet" n'aura pas de répercussions appréciables sur l'environnement et, par conséquent, ne sont pas tenus de se soumettre au Processus fédéral d'examen des évaluations environnementales. C'est ce qu'a fait le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources pour les forages exploratoires exécutés au large des côtes au sud du 61°18' de latitude Nord; le ministère des Affaires indiennes et du Nord a adopté l'attitude contraire dans le cas des demandes de forage dans le détroit de Davis (acceptées) et des demandes de forage dans le détroit de Lancaster (rejetées). Cependant, le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources devra soumettre au Processus d'examen des évaluations environnementales toute proposition visant à produire des hydrocarbures dans la région de Hibernia et dans la région de l'île de Sable. (Il existe plusieurs projets du genre au large des côtes; seuls quelques exemples ont été cités.)

Il est possible de faire plusieurs observations au sujet du Processus fédéral d'examen des évaluations environnementales du point de vue des sciences de la Terre en milieu marin.

1. L'existence même du Processus fait que l'on se préoccupe probablement beaucoup plus des conséquences environnementales, qu'un projet donné soit soumis à un examen ou non. Cela vaut pour les employés de l'industrie et du gouvernement comme pour le public. Il existe divers mécanismes officiels et moins officiels qui ont pour but de veiller à ce que l'environnement demeure une préoccupation constante. Par exemple, le bureau régional du ministère de l'Environnement à Halifax a établi un comité régional de sélection et de coordination, dont les membres proviennent des nombreux organismes fédéraux dans les provinces de l'Atlantique.
2. Le Processus fédéral d'examen des évaluations environnementales exige un travail énorme des géologues et géophysiciens à l'emploi d'organisations comme la Commission géologique du Canada et la Direction de la physique du globe et, pourtant, ces organisations n'obtiennent pas de sources supplémentaires pour s'acquitter de cette fonction. Or, cette situation vient à l'encontre de la première décision du Conseil des ministres, selon laquelle les ministères et organismes devaient inclure dans leurs prévisions des dépenses et dans leurs budgets annuels les crédits nécessaires pour se conformer à l'esprit du Processus.

Voici des exemples du travail que ces spécialistes sont appelés à accomplir : évaluation de lignes directrices rédigées par une Commission d'évaluation environnementale relativement à une déclaration des effets environnementaux que doit soumettre une société qui envisage d'entreprendre un projet, par exemple la production du gisement Hibernia; formuler des commentaires sur la déclaration des effets environnementaux; prendre part à des réunions qui ont trait au projet; procéder à des travaux scientifiques, afin de permettre à l'organisme fédéral de porter un jugement valable sur les propositions à venir. Les fonctionnaires à l'emploi d'organisations comme le Conseil national de recherches, la Commission géologique du Canada et la Direction de la physique du globe participent à l'application de ces mécanismes, pour au moins deux raisons :

- a. Le gouvernement fédéral compte, parmi ses employés, des spécialistes qu'il devrait mettre à contribution;
- b. souvent, les scientifiques et technologues à l'emploi des organismes fédéraux sont les seuls spécialistes au pays qui sont compétents dans un domaine donné et qui n'appartiennent ni aux sociétés qui mettent de l'avant des projets, ni aux firmes d'experts-conseils engagées par ces promoteurs.

Par exemple, les très rares spécialistes dans le domaine de la glace de mer, de l'érosion glaciaire ou de l'érosion par les icebergs au Canada qui n'appartiennent pas aux sociétés privées ou aux organisations comme le C-CORE, lui-même financé par des sociétés privées, sont pour la plupart concentrés dans la Commission géologique du Canada. (On trouve évidemment des gens compétents dans le domaine de la glace de mer chez d'autres organismes.)

Or, cette participation est lourde de conséquences. En effet, la somme de travail exigée par le Processus d'examen des évaluations environnementales empêche les spécialistes de se livrer à d'autres activités, et il arrive parfois que l'on doive modifier des programmes d'organismes scientifiques en prévision des besoins du Processus. Certaines personnes de l'extérieur de la Fonction publique, comme le Comité consultatif auprès de la Commission "conserve son rôle traditionnel", tandis qu'à l'intérieur de la Fonction publique, on dit : "Vous avez la compétence requise, alors proférez les conseils nécessaires au sujet de ces problèmes environnementaux". Or, à défaut de ressources supplémentaires, ces deux demandes sont incompatibles.

3. Grâce au Processus, la collaboration entre les scientifiques du gouvernement et ceux de l'industrie a probablement été plus importante qu'elle ne l'aurait été autrement. Qu'il suffise de mentionner les travaux réalisés conjointement par Pétro-Canada et la Commission géologique du Canada dans la cartographie des régimes côtiers de la côte est de l'île Baffin et du Labrador, les activités mixtes réalisées sous l'égide de l'Arctic Petroleum Operator's Association entre la Commission géologique du Canada, la Dome Petroleum, la Gulf et la Esso dans la mer de Beaufort, où des études géologiques ponctuelles sont intégrées à des études géologiques régionales. Il convient de saluer ces efforts de collaboration, qui permettent de bien canaliser les ressources et d'éviter une répétition inutile des travaux. Cependant, la collaboration a aussi ses désavantages :

- a. Les fonctionnaires participant à des travaux en collaboration sont peut-être les seuls que l'on puisse consulter dans l'application du Processus fédéral d'examen des évaluations environnementales.
- b. Le fonctionnaire peut être perçu par d'autres sociétés qui ne participent pas à un travail en collaboration donné comme un serviteur ou un agent des sociétés collaboratrices, ce qui n'est pas le rôle d'un fonctionnaire.
- c. La Commission géologique du Canada, la Direction de la physique du globe et d'autres organismes scientifiques et technologiques du gouvernement du Canada sont obligés de publier des informations obtenues à temps et avec précision. Or, cette opinion n'est pas partagée par les sociétés pour qui ces informations représentent évidemment un avantage concurrentiel et un atout.

Voilà donc des difficultés réelles auxquelles les organismes fédéraux font face. Cependant, la situation se présente probablement comme suit :

- a. Tant que ces organismes n'obtiendront pas de ressources massives, comparables à celles dont bénéficie la United States Geological Survey, par exemple, la collaboration demeurera l'unique façon d'obtenir les informations dont les organismes gouvernementaux ont besoin pour exécuter leur mandat, dont fait désormais partie la nécessité de répondre aux demandes du Processus fédéral d'examen des évaluations environnementales.
- b. Le nombre de géoscientifiques travaillant au large des côtes canadiennes est lamentable, voire dérisoire. Tant que la situation ne sera pas corrigée, la collaboration restera la seule façon d'accomplir le travail, même au risque d'engendrer des conflits d'intérêt apparents. Le travail en collaboration permet aux sociétés et aux scientifiques du gouvernement de comprendre les processus naturels et, espère-t-on, de voir à minimiser les dommages pouvant être causés à l'environnement par un projet et, inversement, les dommages causés à un projet par le milieu naturel. Si ce but est atteint, les conflits d'intérêt apparents pourront toujours être tolérés.
4. La quatrième observation a trait aux données produites par le travail exigé des sociétés dans l'application du Processus fédéral d'examen des évaluations environnementales ou, en fait, aux études que ces sociétés doivent effectuer dans leur propre intérêt. Il y en a des quantités énormes. Par exemple, le volume d'observations que possède Pétro-Canada au sujet des courants du plateau du Labrador est bien des fois supérieur à celui du Laboratoire océanographique de l'Atlantique du ministère des Pêches et des Océans, à l'Institut océanographique

Bedford. Les données de ce genre (les observations des courants ne sont qu'un exemple) seront on ne peut plus utiles aux générations de scientifiques à venir, et il est permis de douter que l'on fasse actuellement les efforts systématiques nécessaires pour faire de sorte que ces données soient convenablement conservées ou publiées. Il est assez évident que cette responsabilité incombe autant aux organismes gouvernementaux qu'aux sociétés; une fois de plus, les organismes gouvernementaux ne peuvent assumer ce fardeau important sans ressources supplémentaires.

5. La dernière observation est d'ordre philosophique, et n'a peut-être pas sa place dans le présent document. L'objectif stratégique du Processus fédéral d'examen des évaluations environnementales est sans aucun doute de faire en sorte que les Canadiens contribuent à faire de la planète Terre un lieu habitable merveilleux. À cette fin, les scientifiques effectuent l'analyse du cadmium dans les matériaux destinés à être entreposé au large des côtes, et ils étudient le phénomène de l'érosion glaciaire en vue de la construction de chambres de stockage et de têtes de puits. Bien qu'il soit possible de désespérer et de considérer cette mince contribution comme un effort futile lorsque, par exemple, la communauté scientifique doit assister, impuissante, à l'extinction du saumon de l'Atlantique, une des merveilles de la nature, sous l'effet des pluies acides, il ne faut pas désespérer; il faut rester optimistes et continuer à essayer de sauver la planète.

LES QUESTIONS D'ORDRE JURIDIQUE CONCERNANT LA MARGE CONTINENTALE DU CANADA – R. Rowland, J. Harrison et I. Townsend-Gault

Introduction

Le droit régissant la marge continentale canadienne passe par une période de transition. Sur la scène internationale, la troisième Conférence des Nations Unies sur le droit de la mer (UNCLOS III), qui se réunit périodiquement depuis 1977, semble s'acheminer vers une Convention complète, qui traite de tous les utilisateurs de la mer, des fonds marins et du sous-sol marin ainsi que de la compétence sur ces territoires. Au pays, les conflits qui opposent les gouvernements fédéral et provinciaux au sujet de la propriété des ressources au large des côtes pourraient se régler bientôt. En même temps, les gouvernements mettent en application de nouveaux régimes afin de régler expressément l'exploitation des ressources pétrolières au large des côtes.

Ainsi donc, d'ici quelques années, les questions juridiques fondamentales que soulève la marge continentale canadienne se régleront vraisemblablement en bonne partie, du moins en ce qui a trait au cadre juridique qui s'appliquera pendant probablement plusieurs décennies.

Pour l'instant, toutefois, rien ne peut être affirmé avec certitude. Peu de problèmes, s'il y en a, ont été résolus.

Il est néanmoins possible de cerner les problèmes que le Canada devra résoudre s'il veut procéder à l'exploitation commerciale des ressources des bassins adjacents. Dans le présent document, ces questions ont été groupées sous les trois titres suivants: Droit international, Droit constitutionnel et Droit de l'exploitation.

Droit international

La doctrine du plateau continental

Les droits des États sur les ressources naturelles gisant au large des côtes sont dictés par les règles du droit international, souvent désignées sous le nom de "doctrine du plateau continental" et admises depuis maintenant plus de deux décennies. Suivant l'initiative des États-Unis en 1945,

un consensus a été établi parmi les États côtiers pour que les ressources du plateau relèvent de la compétence exclusive de l'État côtier le plus proche. L'uniformité des procédures adoptées par les États a donné naissance à une règle de droit coutumier international. Les principes ont été codifiés et élaborés à l'occasion de la première Conférence des Nations Unies sur le droit de la mer, qui a abouti à la signature de la Convention de Genève sur le plateau continental en 1958, ainsi qu'à l'établissement de trois autres lois de la Convention de la mer. La Convention est entrée en vigueur en 1964, et le Canada y a adhéré en 1973. La Convention déclare donc la nature et l'étendue des droits revendiqués par le Canada sur les ressources naturelles du plateau. Cependant, elle sera remplacée par la Convention qui découlera des négociations de UNCLOS III.

Limites maritime de la compétence nationale

Un des points faibles de la Convention de Genève de 1958 est l'ambiguïté avec laquelle elle définit la limite maritime du territoire sur lequel un État peut exercer sa compétence. Le plateau continental y est défini comme "les fonds et le sous-sol des régions sous-marines adjacentes à la côte, mais situées à l'extérieur des eaux territoriales, jusqu'à une profondeur de 200 m où, au delà de cette limite, jusqu'à la profondeur des eaux susjacentes permet l'exploitation des ressources naturelles desdites régions...". C'est le plateau continental juridique (fig. 3.10), par opposition au plateau continental géographique.

Il est clair que cette règle est insatisfaisante. Certains États, par exemple la France, ont adopté une approche restrictive et considèrent l'isobathe de 200 m comme la limite extérieure du plateau continental. Le Royaume-Uni, en revanche, comme en fait le Canada, a délivré des licences d'exploitation pour des zones du plateau situées à des profondeurs beaucoup plus grandes.

La Convention qui découlera vraisemblablement de la Conférence UNCLOS III définira la limite extérieure du plateau juridique avec beaucoup plus de clarté. L'État côtier exercerait sa compétence exclusive sur les ressources des fonds marins et du sous-sol en deçà de 200 milles marins; voilà un des aspects d'un nouveau concept appelé "Zone économique exclusive". L'État côtier s'approprierait tous les revenus découlant des ressources de la zone.

La compétence sur la zone du plateau située au delà de la Zone économique exclusive de 200 milles s'étendrait jusqu'à une distance déterminée par une combinaison des facteurs suivants: distance de la plage, profondeur des eaux susjacentes et propriétés du plateau physique. En termes simples, la limite extérieure serait la plus élevée des distances suivantes: 350 milles ou 100 milles après l'isobathe de 2 500 m. La production des ressources gisant à l'intérieur de ce prolongement de la Zone économique exclusive serait assujettie au versement d'une redevance à l'Autorité internationale des fonds marins, dont il sera question dans la prochaine section. Cependant, l'État côtier exercerait une compétence exclusive sur les droits d'exploration et de production et, de façon plus générale, sur l'exploitation de la région.

En fait, le Canada a délivré des permis pétroliers et gaziers pour des zones situées bien au delà de la limite de 200 milles marins, respectant en cela la Convention de Genève de 1958 dans laquelle il faut se rappeler la limite extérieure du plateau continental se mesurait par la distance maximale de l'exploitabilité des ressources. En vertu du Bill C-48 (Loi sur le pétrole et le gaz du Canada), le Canada, aux fins de l'exploitation des ressources naturelles, revendique la propriété des terres situées dans:

... les zones sous-marines adjacentes à la côte canadienne s'étendant au prolongement naturel du territoire terrestre canadien jusqu'au rebord externe de la marge continentale, où jusqu'à deux cents milles marins des lignes de base à partir desquelles est mesurée la largeur de la mer territoriale canadienne si le rebord de la marge continentale se trouve à une distance inférieure."

Le Canada fonde cette revendication sur la définition du plateau continental proposée par le projet de convention discuté dans le cadre de UNCLOS III.

Les grands fonds marins

Un des principes fondamentaux qui ont été énoncés au cours des délibérations de UNCLOS III est que les zones marines situées à l'extérieur des limites des eaux territoriales et désignées sous le nom de "les régions", ainsi que les ressources qu'elles renferment, "sont l'héritage commun de l'humanité". À ce titre, leur exploitation devrait être placée sous un contrôle international, et les revenus qui en découlent partagés équitablement "dans l'intérêt de l'humanité tout

entière, sans égard au lieu géographique des États, qu'ils soient établis à proximité de la côte ou à l'extérieur des terres, et en tenant compte des intérêts et des besoins des États en voie de développement..."

La Région sera gérée par l'Autorité internationale des fonds marins proposée, constituée de tous les États qui adhèrent à la nouvelle convention. Dans la Région, les travaux seront menés soit en association avec l'Autorité, soit par un organisme qui s'appellera l'Entreprise. Ainsi, l'Autorité sera pour les ressources sous-marines ce qu'est la Couronne pour les ressources minérales terrestres appartenant à la Couronne, et elle exploitera les ressources de la Région au moyen de l'équivalent d'un régime de concessions ou de licences et par l'intermédiaire d'un organisme comparable à une société pétrolière nationale comme Pétro-Canada.

Questions relatives aux frontières

Outre qu'il établit la limite extérieure des eaux territoriales, le droit de la mer détermine les frontières marines entre États limitrophes. Les frontières marines

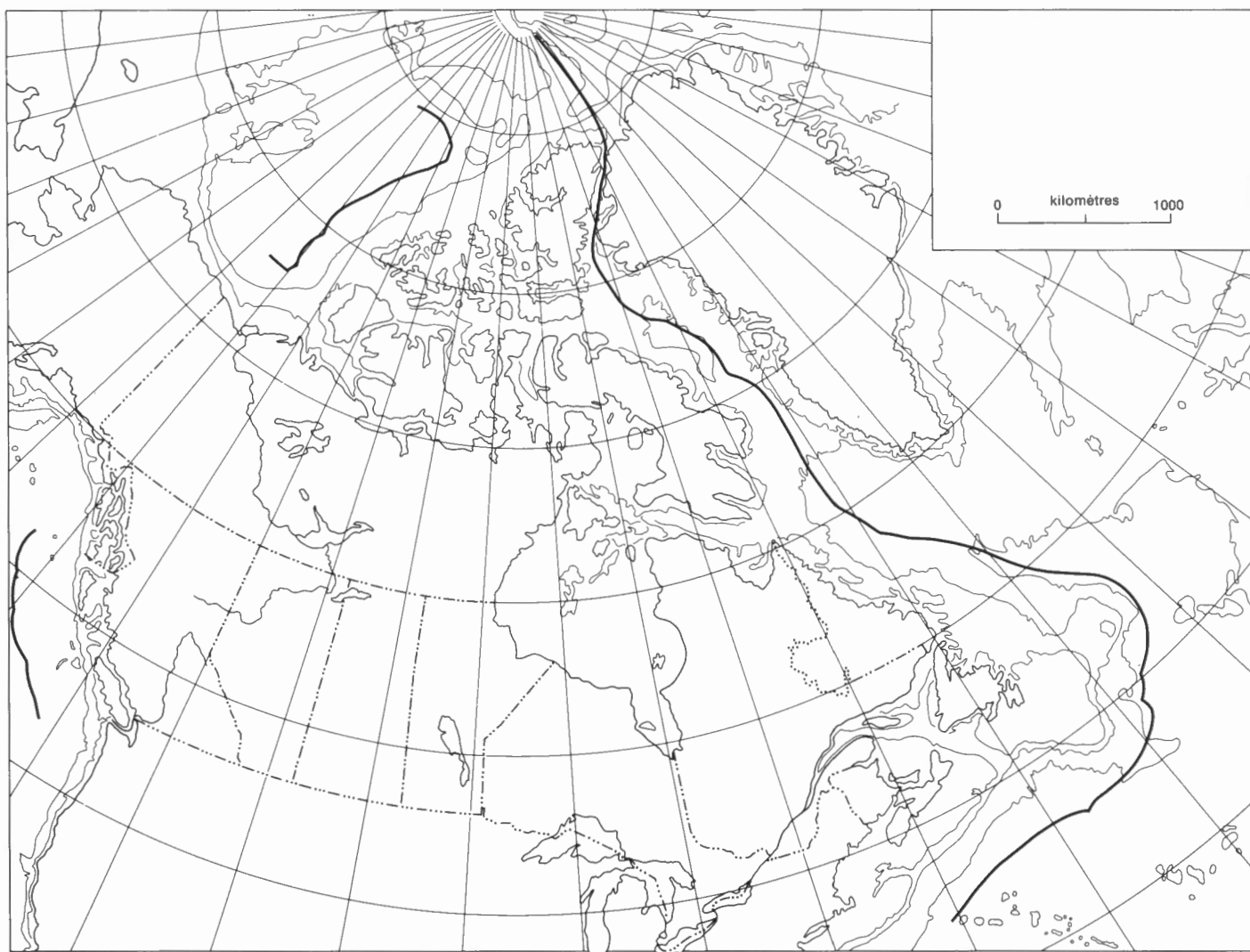


Figure 3.10. Représentation des limites juridiques du plateau continental au large du Canada, selon une interprétation de l'article 76 de l'ébauche du traité sur le droit de la mer (basé sur le travail de D. Sherwin et D. Crosby). Ce croquis ne représente pas la position officielle du gouvernement canadien.

entre le Canada et les États-Unis restent à déterminer dans quatre régions: la région du banc George dans l'océan Atlantique, entre la Colombie-Britannique et l'État de Washington d'une part, et la Colombie-Britannique et l'Alaska d'autre part, dans l'océan Pacifique, et entre l'Alaska et le Canada dans la mer de Beaufort. En outre, le Canada est toujours aux prises avec un conflit de frontière au sujet des îles françaises St-Pierre et Miquelon, au large des côtes de Terre-Neuve.

En 1973, le Canada et le Danemark ont conclu un traité qui délimite le plateau entre le Canada et le Groenland selon le principe de la ligne médiane. En vertu de ce principe, énoncé par la Convention de Genève de 1958, et généralement admis comme le principal moyen de délimiter des États qui se font face, une ligne est tracée à égale distance des deux côtes.

Le principe à appliquer à la délimitation de deux États limitrophes est celui de l'équidistance, qui consiste à tracer une ligne dont tous les points se trouvent à égale distance de la côte et, par conséquent, dont la direction est fonction de la configuration de la ligne de rivage. Toutefois, dans des circonstances exceptionnelles, par exemple lorsque la côte présente une configuration inhabituelle ou lorsque le plateau comporte des îles ou des récifs, la direction de la limite d'un plateau continental peut être modifiée; les principes de la ligne médiane et de l'équidistance ne doivent pas être appliqués aveuglément.

La détermination des frontières dans le banc George et autour des îles St-Pierre et Miquelon est justement compliquée par des circonstances exceptionnelles. En temps normal, la limite du banc George serait déterminée par l'application du principe de l'équidistance. Or, les États-Unis prétendent que la configuration géologique des fonds marins dans cette région dicte l'établissement d'une limite "naturelle". Dans un autre cas, se pose la question de l'importance à accorder à l'île Nantucket. Toutes ces questions ont une importance capitale, car une simple déviation de la ligne en faveur d'un État ou d'un autre à proximité de la côte représente une différence équivalente à des centaines de kilomètres carrés aux limites extérieures de la marge continentale.

Des années de négociation n'ont pas réussi à régler le conflit, par ailleurs aggravé par des divergences d'opinion au sujet des pêches. Le Canada et les États-Unis sont convenus de soumettre le litige à l'arbitrage d'une Chambre de la Cour de justice internationale à La Haye. Cette entente faisait partie d'un ensemble d'accords, qui comprenait également une entente sur les pêches. Or, le Sénat américain, non satisfait de l'entente sur les pêches, a refusé de la ratifier, et le traité d'arbitrage est demeuré lettre morte comme les autres. Les États-Unis ont depuis indiqué leur désir de dissocier le conflit sur les limites du plateau des autres litiges et de le soumettre à un arbitrage. Le Canada hésite à accepter cette proposition, estimant que l'abandon des "accords en bloc" le priverait des moyens d'action nécessaires pour régler à sa satisfaction le conflit relatif aux pêches.

Les problèmes posés par les îles St-Pierre et Miquelon sont d'un tout autre ordre. Ces îles, qui relèvent de la juridiction de la France, se trouvent au large des côtes de Terre-Neuve. Or, une application rigoureuse du principe de la ligne médiane donnerait à ces îles une énorme étendue de plateau qui s'étendrait jusque dans l'Atlantique, aux dépens du Canada. Cette situation n'est pas sans rappeler le conflit qui oppose la France et le Royaume-Uni au sujet des îles Channel, petit groupe d'îles britanniques situé au large des côtes françaises. Les deux États s'en sont remis à l'arbitrage pour ce litige et d'autres problèmes de délimitation. Le tribunal d'arbitrage a attribué aux îles Channel une enclave de douze milles située sur le plateau continental de la France. Le gouvernement canadien est bien placé pour faire

valoir que la France devrait accepter une solution analogue pour les îles St-Pierre et Miquelon, étant donné la similitude des situations.

Jusqu'à récemment, on ne semblait avoir aucune raison de se hâter pour établir les frontières dans le Pacifique; cependant, la recherche pétrolière et gazière au large des côtes de la Colombie-Britannique va probablement reprendre d'ici quelque temps, ce qui rendra encore plus impérieuse la nécessité d'établir les limites du plateau dans cette région du pays. Il en va de même dans la mer de Beaufort, où les perspectives de l'exploitation commerciale des ressources pétrolières s'améliorent constamment.

Les problèmes juridiques soulevés dans l'Arctique, cependant, vont au delà du simple règlement du conflit de frontières qui oppose le Canada et les États-Unis dans la mer de Beaufort. Le Canada a revendiqué, par exemple, le droit de réglementer le transport maritime dans le passage du Nord-Ouest et établi officiellement une zone de prévention de la pollution de 100 milles dans les eaux de l'Arctique.

Le statut juridique des eaux arctiques et, en particulier, des eaux situées entre les îles de l'Arctique canadien, n'est pas définitivement réglé. Les États exercent une souveraineté absolue sur les eaux intérieures, c'est-à-dire les eaux situées en deça des lignes de base à partir desquelles est mesurée la largeur des eaux territoriales. Les lignes de base devraient normalement suivre la direction de la côte, mais des lignes de base rectilignes englobant des parties de la mer peuvent également être autorisées, par exemple à travers l'embouchure d'une baie ou entre les îles d'un archipel; cependant, selon la Convention de Genève de 1958 sur la mer territoriale et la zone contigüe, elles ne doivent pas dépasser 24 milles. Ces règlements ont été élaborés avec force détails dans le cadre de la Conférence UNCLOS III, par suite des pressions exercées par des États comme l'Indonésie, les Philippines et la Malaisie. Sous réserve de certaines assurances, les droits de passage à travers les eaux intérieures des États des archipels sont maintenus.

Le Canada a toujours soutenu que le milieu arctique est particulièrement vulnérable face à la pollution par le pétrole et que, par conséquent, ses eaux doivent être assujetties à un régime juridique particulier. Pour ces raisons, le trafic des pétroliers dans cette région doit être réglementé par le Canada.

Droit constitutionnel

Le droit international ne s'intéresse aucunement à la division du pouvoir public à l'intérieur d'un État; c'est là une question de constitution nationale. Aussi, dans un État fédéral, il faut se demander si les droits accordés sur des régions marines par la communauté internationale doivent être exercés, à l'intérieur d'un État, par le gouvernement central ou par les administrations régionales. Au Canada, cette question se traduit principalement par un conflit de compétences entre le gouvernement fédéral et la province de Terre-Neuve.

En 1967, au terme d'un conflit entre le gouvernement fédéral et la Colombie-Britannique, la Cour suprême du Canada a rendu le jugement unanime selon lequel le gouvernement fédéral avait juridiction exclusive sur les fonds marins et le sous-sol des régions marines, estimant que, en droit commun, la compétence du domaine se terminait à la laisse des basses eaux. Le domaine pourrait être étendu à l'aide d'une mesure législative, mais, dans le cas de la Colombie-Britannique, il n'y avait pas eu de mesure de cette nature avant son entrée dans la Confédération en 1871. Les régions marines en litige se trouvaient donc à l'extérieur de la province et, par le fait même, hors de sa compétence législative.

Quant à la province de Terre-Neuve, elle invoque ses particularités historiques pour affirmer que le jugement rendu contre la Colombie-Britannique ne peut s'appliquer à elle et que la marge continentale adjacente à ses côtes relève de sa compétence, et non de celle du gouvernement fédéral. Avant son entrée dans la Confédération en 1949, Terre-Neuve était un "dominion" autonome. À ce titre, soutient-elle, elle a acquis les mêmes droits que ceux de tout autre pays sur les régions marines et, en particulier, sur la partie du plateau continental située au delà des eaux territoriales. Or, selon elle, elle n'a pas abandonné ces droits lorsqu'elle a adhéré à la fédération canadienne et, par conséquent, elle les a toujours. Cependant, la plupart des hommes de loi s'accordent à dire que cet argument ne serait pas retenu dans un règlement juridique de la question et que les tribunaux reconnaîtraient au Canada une juridiction exclusive au large des côtes Est et Ouest.

Entre temps, ni le gouvernement fédéral ni Terre-Neuve n'a abandonné ses revendications. Chacun d'eux a mis en place un régime complet d'exploitation des ressources pétrolières. Jusqu'ici, l'industrie pétrolière a pu s'accommoder de la situation en obtenant des permis des deux gouvernements et en se conformant aux exigences de chacun d'eux. Cette façon d'esquiver le problème a été possible pendant la phase d'exploration, puisqu'un seul programme de travaux pouvait satisfaire deux maîtres. Cependant, il sera impossible à l'industrie de continuer de la sorte au cours des travaux de production, étant donné qu'à ce stade, les deux régimes comportent des exigences différentes. S'il est facile pour l'industrie d'organiser son programme de travaux de manière à satisfaire ses deux maîtres, elle ne pourra manifestement pas verser une redevance à l'un et n'en verser aucune à l'autre. Qui plus est, il serait extrêmement difficile et très coûteux de respecter les exigences des deux gouvernements en ce qui a trait à la participation directe de l'État à l'exploitation commerciale des ressources, par l'entremise de Pétro-Canada dans le cas du gouvernement fédéral, et de la Labrador Petroleum Corporation dans le cas de Terre-Neuve.

Il est donc peu probable que la question de la compétence se règle dans un proche avenir, ni par un jugement des tribunaux, ni par une entente négociée entre les gouvernements en cause. Le gouvernement fédéral a offert à Terre-Neuve 100 % des revenus qu'il tirerait des ressources du plateau continental situées sur la côte jusqu'à ce que la province soit mieux économiquement nantie, après quoi il partagerait les recettes avec la province. Il n'est toutefois pas disposé à concéder la propriété des ressources de la province.

Lois régissant l'exploitation

Ainsi que l'on vient de voir, le gouvernement fédéral et le gouvernement de Terre-Neuve ont tous deux mis en place de vastes régimes de réglementation de la recherche et de la production des ressources pétrolières gisant au large des côtes. Le régime fédéral est énoncé dans le Règlement sur le pétrole et le gaz du Canada, promulgué en 1961 et révisé en profondeur en 1977. Actuellement, le Parlement est saisi du Bill C-48 pour une nouvelle loi sur le pétrole et le gaz du Canada, qui remplacera entièrement le régime en vigueur. Le Bill prévoit l'instauration d'un régime d'octroi de licences en deux phases, selon lequel les travaux d'exploration seront réalisés conformément à un Accord d'exploration négocié. Après une découverte d'importance commerciale, cet accord sera converti en licence de production. En vertu du Newfoundland and Labrador Petroleum Regulations, promulgué en 1977, les instruments équivalents dans la province sont le permis d'exploration et la concession.

Les deux régimes, le fédéral et le provincial, ne concernent que l'exploitation des ressources pétrolières. Ni l'un ni l'autre ne cherche à étendre le régime juridique général aux activités entreprises au large des côtes, ce qui crée une lacune majeure. Cette lacune sera vraisemblablement comblée par l'adoption, dans quelques années, d'une loi sur le plateau continental du Canada.

LE RÔLE DU CANADA DANS LE DOMAINE GÉOSCIENTIFIQUE MARIN AU NIVEAU INTERNATIONAL

— C.E. Keen, D.J.W. Piper et M.J. Keen

La collaboration internationale est peut-être meilleure dans le domaine géoscientifique marin que dans toute autre discipline des sciences de la Terre. Cette supériorité est attribuable en partie à l'absence de droits territoriaux sur une bonne partie des océans du monde, et en partie au fait que les spécialistes du domaine géoscientifique marin reconnaissent que le partage des données, des ressources et des idées est une véritable nécessité pour des géoscientifiques peu nombreux qui ont une région aussi immense à étudier. Voici quelques exemples de programmes internationaux à grande échelle, qui mettent en oeuvre des ressources considérables et auxquels les Canadiens participent activement.

Géologie et géophysique de l'océan Arctique

Des îles de glace flottante dans la banquise polaire de l'océan Arctique ont servi de bases pour recueillir des données géophysiques, géologiques et océanographiques au cours de bon nombre d'expéditions dont les quatre suivantes: l'Expérience de réverbération acoustique des bassins du Canada (CANBARX, 1978), l'expédition FRAM (du nom du navire, 1979 à 1982), l'Expérience de la crête Lomonosov (LOREX, 1979), et l'Expédition canadienne pour étudier la crête Alpha (CESAR, prévue pour 1983).

Les deux premières, dans lesquelles des géoscientifiques canadiens ont apporté une large contribution aux études géologiques et géophysiques, sont financées principalement par la U.S. Navy (Office of Naval Research). À part les États-Unis, y ont participé le Canada, la Norvège et la Danemark. Les expéditions LOREX et CESAR sont surtout des projets canadiens; l'Étude du plateau continental polaire, la Direction de la physique du globe et la Commission géologique du Canada y ont joué un rôle important. Les autres pays n'ont pas beaucoup participé à ces programmes.

Ladle (Étude de la lithosphère profonde des Petites Antilles, 1980) et LASE (Étude sismique au moyen d'une sonde à grande ouverture, 1981)

Ces expériences sismiques visent à étudier les propriétés sismiques des couches profondes de la croûte et de la lithosphère sous-jacente. Le projet LADLE avait pour but de définir la lithosphère océanique située sous la croûte à l'aide de sismomètres de fonds marins. Des scientifiques britanniques, canadiens, français et antillais y ont pris part. Quant au LASE, il avait pour objet d'étude la structure profonde de la marge continentale au large du New Jersey, à l'aide de techniques sismiques multi-canaux à haute résolution et très pénétrantes. Ce projet est financé en grande partie par les États-Unis, mais les Canadiens y apportent une large contribution notamment en temps de navire.

Projet de forage des fonds marins (DSDP)

Bien que le Canada ne soit pas membre de la Phase internationale des forages océaniques (IPOD), certain Canadiens, en particulier des spécialistes de l'Université Dalhousie, y ont apporté une large contribution, en forant des trous profonds jusque dans la couche 2 de la croûte

océanique. Le Canada a également joué un rôle important dans la phase 37 de ce projet en 1974, lorsque les premiers trous profonds ont été forés dans la croûte océanique. Le succès de la phase 37 a encouragé le Canada à continuer à participer au Projet de forage des fonds marins, en siégeant à divers comités consultatifs. Des scientifiques des centres géoscientifiques de l'Atlantique et du Pacifique et de plusieurs universités canadiennes ont récemment participé, dans beaucoup de régions du Projet, à l'étude des sédiments et des processus sédimentaires des marges continentales, à des travaux paléo-océanographiques et à des expériences de sondage profond dans la croûte océanique.

Forage des îles océaniques

Afin de sonder la croûte océanique à de plus grandes profondeurs que ne le permet l'équipement actuel du Projet et d'en réduire les coûts, l'Université Dalhousie a réalisé des forages dans la partie de la croûte qui affleure sur les îles océaniques et, à ce chapitre, elle a fait figure de meneur. Des trous profonds (2 km) ont ainsi été forés dans les Bermudes, les Açores et l'Islande. Dans le cas de l'Islande, les travaux ont été faits conjointement par le Canada, la Grande-Bretagne, les États-Unis, l'Islande et l'Allemagne de l'Ouest.

Stockage des déchets nucléaires – projet Seabed

Il s'agit d'un projet international dans lequel des groupes de recherche de différents pays qui s'intéressent aux problèmes du stockage des déchets nucléaires effectuent des levés ponctuels dans des régions profondes des océans et partagent les résultats de leurs travaux, afin de déterminer si certaines parties des eaux marines profondes pourraient convenir à l'immersion des déchets. Les participants proviennent du Canada, qui s'est joint au Projet en 1980, de la France, du Japon, du Royaume-Uni, des États-Unis et de l'Allemagne de l'Ouest. Le Centre géoscientifique de l'Atlantique a entrepris au moins une expédition majeure dans le cadre de ce projet et a participé à plusieurs autres. Cette participation est la conséquence des plans d'autres pays selon lesquels ils considèrent des emplacements dans les eaux marines profondes se prêtant au stockage des déchets; le Canada devrait être en mesure d'évaluer ces plans de façon critique.

Projet relatif aux transects nord-américains

Organisé conjointement par le Comité canadien de la lithosphère et le U.S. Geodynamics Committee, ce projet a pour but de construire des coupes transversales des marges continentales autour du continent nord-américain, à partir de l'Arctique jusqu'au golfe du Mexique. En tout, 24 transects sont en voie d'élaboration, dont huit au large des côtes canadiennes. Des groupes de travail, auxquels participent des scientifiques du gouvernement, des universités et de l'industrie du Canada, ont été établis pour les marges est, ouest et arctique.

Voilà donc quelques-uns des programmes internationaux les plus importants du point de vue des coûts ou des ressources humaines. Cependant, il existe aussi tout un éventail de programmes réalisés en collaboration et tout aussi productifs, qui vont du simple contact personnel jusqu'au projet d'envergure. Il est important de reconnaître que, entre 1976 et 1980, l'Université Dalhousie a passé peut-être le quart de son temps de navire sur des bateaux étrangers. Deux étudiants diplômés ont pris part à différentes expéditions américaines à la dorsale médio-océanique de l'Atlantique, l'un d'eux ayant même rassemblé la majeure partie du matériel de sa thèse au cours d'une seule croisière. Au nombre des travaux réalisés en collaboration sur la côte Ouest des États-Unis, il faut mentionner deux

expéditions auxquelles ont participé un professeur et un étudiant diplômé, et à la suite desquelles sont apparues trois publications importantes dont au moins la moitié du contenu est dû à des Canadiens. Un autre étudiant diplômé a participé à deux expéditions de l'Institute of Oceanographic Sciences de Grande-Bretagne, dans lesquelles des données ont été recueillies sur la marge est du Canada par sonar à balayage latéral et à long rayon d'action; or, ces données ont fourni à l'étudiant une bonne partie du matériel de sa thèse.

Il en est de même à l'Université de la Colombie-Britannique, où plusieurs programmes ont été réalisés, en collaboration avec des universités américaines, dans la région de la crête Juan de Fuca. À l'Université Memorial, des études sur les roches carbonatées récentes ont été entreprises dans les Bahamas à l'aide de navires et de submersibles américains. L'Université McGill s'est associée à des projets semblables à bord de navires ouest-allemands. Deux constatations se dégagent de beaucoup de ces études: les chercheurs utilisent du matériel non disponible au Canada (sonde remorquée en eaux profondes, *Gloria* et *Alvin*) et le temps passé sur des navires de recherches canadiens est insuffisant.

Parmi les autres collaborations dignes de mention, il faut citer les mesures sismiques multi-canaux faites au-dessus de la marge continentale ouest, auxquelles ont participé le United States Geological Survey et le Centre géoscientifique du Pacifique. Des expériences analogues ont été réalisées sur la marge continentale est par le BGR (Institut fédéral des sciences de la Terre et des ressources naturelles de l'Allemagne de l'Ouest) et le Centre géoscientifique de l'Atlantique. Tous ces travaux ont été accomplis à bord de navires étrangers, à l'aide d'équipement difficilement disponible au Canada.

Plusieurs conclusions générales se dégagent de ce qui précède. Premièrement, il existe un degré acceptable de collaboration individuelle et non officielle avec des scientifiques non canadiens, bien que cette collaboration soit difficile à mesurer. Deuxièmement, beaucoup de projets sont réalisés en collaboration avec des pays étrangers parce que les scientifiques du gouvernement et, en particulier, des laboratoires universitaires, ont de la difficulté à trouver du temps de navire ou des techniques avancées au Canada. Troisièmement, le degré de participation canadienne à des projets internationaux d'envergure est trop faible. Qu'il suffise de mentionner qu'entre 1977 et 1980, seulement 13 % de tout le temps de navire (sur la côte Est seulement) réservé à des études géoscientifiques a été employé à des programmes internationaux, encore que le mot "international" soit interprété ici très librement. Sur la côte Ouest, ce pourcentage est beaucoup plus faible. Il est à noter en outre que la participation étrangère au projet canadien LOREX est très mince et qu'il y a tout lieu de croire qu'elle le sera également dans le projet CESAR (étude des îles de glace).

Par ailleurs, les programmes internationaux ont des désavantages certains. Le projet des forages des fonds marins, par exemple, est loin de favoriser la participation des étudiants diplômés, en grande partie à cause de la façon dont les résultats sont publiés (rapidement et par de nombreux coauteurs). Parfois, les résultats des projets réalisés en collaboration ne sont accessibles qu'à quelques personnes, parce qu'un des organismes participants veut vendre ses données et, par conséquent, les tenir plus ou moins confidentielles. Mais de loin le plus gros désavantage est qu'il est extrêmement ardu d'organiser des projets lorsque les participants sont nombreux et viennent de partout et quand il y a plus d'un maître à satisfaire. Il est également vrai que les gros projets internationaux ne produisent pas nécessairement des résultats scientifiques meilleurs que ceux des projets de recherche de moindre envergure réalisés par des Canadiens dans des eaux canadiennes.

Il demeure néanmoins que le Canada gagnerait beaucoup à participer à de grands projets de recherches internationaux. La collectivité géoscientifique marine au Canada est lamentablement restreinte, et besoin des nouvelles idées, technologies et possibilités que la collaboration internationale peut lui procurer. Les ressources nécessaires pour mener à bien les travaux diminuent en proportion directe du nombre d'organismes étrangers qui y participent. À l'étranger, notamment en Allemagne de l'Ouest, en Grande-Bretagne et aux États-Unis, le nombre de programmes internationaux est considérablement plus élevé. Il n'est donc pas étonnant que les efforts du Canada en mer soient souvent perçus à l'étranger comme des manifestations de "nationalisme", malgré leur compétence et leur utilité.

La grande difficulté à laquelle se heurtent les scientifiques canadiens dans leurs efforts pour augmenter leur participation à des projets internationaux est qu'ils n'ont pas les ressources suffisantes pour mener à bien même leurs programmes de recherches actuels. Cela est également vrai pour les ressources humaines, la technologie et les navires. Ils pourraient sans doute alléger ce problème en confiant à l'entreprise de nombreux travaux cartographiques de nature courante. Cette solution peut se révéler fructueuse, comme en témoigne le levé aéromagnétique de la marge est des États-Unis entrepris par l'U.S.G.S. Cette délégation des tâches pourrait en effet soulager les scientifiques du fardeau écrasant que représentent la saisie, la réduction et la diffusion des données et leur permettre de se consacrer davantage à l'interprétation et à la mise en corrélation mondiale des résultats. Cependant, cette solution est inapplicable compte tenu des mécanismes de financement en place. Actuellement, on encourage la collaboration avec l'industrie, en particulier les programmes qui comportent la mise au point de nouvelles techniques. Une augmentation des crédits en faveur de l'expansion de ces programmes serait bénéfique.

Devant tous ces faits, une conclusion s'impose: il faut accroître les ressources consacrées à la recherche géoscientifique en milieu marin. À cet égard, on pourrait augmenter considérablement la recherche marine universitaire; les universités sont peut-être le foyer naturel de la recherche fondamentale à l'échelle mondiale. Actuellement, le Canada ne possède aucun établissement d'enseignement comparable à Lamont, Scripps ou Woods Hole aux États-Unis. Les laboratoires gouvernementaux, comme les centres géoscientifiques de l'Atlantique et du Pacifique à l'Institut océanographique Bedford et l'Institut de la baie Patricia, essaient de combler cette lacune. Le problème est que ces laboratoires ont plusieurs mandats. On demande aux scientifiques de faire de la recherche de premier plan sur des problèmes mondiaux, et en même temps de contribuer à résoudre des problèmes particuliers aux eaux territoriales du Canada; ils doivent du même coup jouer le rôle d'un établissement de recherches universitaire et faire office de bras droit du gouvernement en matière scientifique. Le renforcement de ces laboratoires est un objectif souhaitable, mais pas une solution à long terme, ne serait-ce parce que le Canada doit garder, au sein de ses universités, des gens qualifiés, capables d'assurer la formation et le perfectionnement de la main-d'oeuvre dont la recherche marine aura besoin dans cinq ou dix ans. Déjà, le manque de Canadiens qualifiés est un problème grave.

La recherche universitaire pourrait être renforcée de nombreuses façons, dont plusieurs sont mentionnées ailleurs dans ce rapport. Premièrement, il faut de toute urgence multiplier les travaux de développement technologique dans les universités. Les sommes d'argent actuellement allouées ne permettent pas d'embaucher suffisamment de personnel de soutien technique, ni d'acheter et de construire suffisamment de matériel à la fine pointe de la technologie.

Deuxièmement, les universités doivent disposer de temps de navire pour mener à bien leurs propres recherches. Si les scientifiques n'ont pas de navire à leur disposition, les universités canadiennes ne pourront grossir leur personnel, ni mettre sur pied des programmes de recherches, ni former leurs étudiants.

En résumé, les Canadiens participent effectivement à des projets internationaux de recherches marines et jouissent d'une solide réputation dans plusieurs disciplines des sciences de la Terre en milieu marin. La qualité des recherches entreprises par des Canadiens dans les eaux canadiennes est reconnue à l'étranger, malgré que l'on juge ces efforts plus isolés que ceux des pays qui ont moins à gagner de la recherche marine. Le Canada aurait beaucoup d'intérêt à participer davantage à de grands projets internationaux mais, pour être en mesure de le faire, il doit consentir plus de ressources à des groupes de recherche des gouvernements et des universités.

LA PARTICIPATION CANADIENNE AU PROGRAMME INTERNATIONAL DES FORAGES OCÉANIQUES – M.J. Keen

Le Projet de forage des fonds marins est un programme de forage dans les bassins océaniques et dans les marges continentales. Les moyens employés sont le forage et le carottage de sédiments et de parties de la croûte océanique sous-jacente. Le Projet a remporté un succès extraordinaire; pour ne mentionner qu'un résultat, le Projet a "prouvé" l'expansion des fonds marins et la dérive des continents.

Le Projet a débuté en 1966; il était alors complètement organisé par des institutions américaines, et subventionné par les États-Unis, par l'intermédiaire de la National Science Foundation. D'autres pays se sont joints au Projet en 1975, lorsque le Programme international des forages océaniques a vu le jour. Ces partenaires ont été le Japon, la Grande-Bretagne, l'Allemagne de l'Ouest, la France et l'URSS. Tous ces pays ont contribué financièrement au Projet, mais les États-Unis ont assumé la plus grande partie des dépenses. Le Projet est dirigé par des représentants d'institutions océanographiques des pays membres, et il est conduit par l'une de ces institutions, l'Institution Scripps. Le navire utilisé à l'heure actuelle et le **D/V Glomar Challenger**, propriété de Global Marine Inc., qui est exploité par cette société pour le compte du Projet. La National Science Foundation organise le financement. Les fonds proviennent des États-Unis et des pays participants. Le Canada n'est pas membre du Programme international.

Malgré cela, quelques Canadiens enthousiastes ont participé au Programme (y allant d'un apport modeste mais souvent capital) comme membres de l'équipe scientifique à bord, quelquefois comme co-directeurs scientifiques et comme scientifiques. Les Canadiens sont invités à participer lorsqu'ils ont les compétences voulues pour résoudre un problème particulier. Cependant, le Canada n'étant pas membre du Programme international, il n'a aucun droit en matière de participation; seuls quelques Canadiens choisis ont effectivement participé au Programme, et le Canada ne peut exercer aucune influence sur le choix des sites. Aucun site proposé par le Canada n'a été accepté (les sites proposés par les pays membres ont toujours eu préséance), ce qui est bien normal.

Le Projet est entré dans une phase cruciale. (1) Le navire de forage **Challenger** donne des signes d'usure. (2) Les capacités du navire sont limitées, en termes de conditions météorologiques dans lesquelles il peut effectuer le travail, de la profondeur de pénétration dans le fond marin et du type de roche dans lequel le forage ne présente pas trop de difficulté. (3) Le gouvernement des États-Unis ayant réduit le budget de la National Science Foundation, celle-ci a étudié quatre solutions possibles: (1) mettre un terme au projet

en 1983; un grand nombre de questions d'ordre scientifique et technologique resteraient alors sans réponse; (2) réparer le **Challenger** et poursuivre le Projet pendant encore au moins cinq ans; cela signifierait qu'un certain nombre de questions resteraient sans réponse et que l'on perdrait une chance de faire des progrès scientifiques et technologiques; (3) convertir le **Glomar Explorer** en navire de forage équipé d'un dispositif de contrôle des puits et d'une colonne montante utilisable en eau profonde. Cela suppose des progrès techniques importants et des dépenses qu'il est difficile de préciser; les communautés scientifiques dans les pays membres et l'industrie aux États-Unis n'appuieraient pas une telle proposition (appelée Programme de forage des marges océaniques); (4) convertir le **Glomar Explorer** en navire de forage mais sans l'équiper, au départ, d'un dispositif de contrôle des puits et d'une colonne montante. C'est cette dernière solution qui a été retenue.

La Foundation propose de:

- (1) mettre un terme aux opérations du **Challenger** en octobre 1981;
- (2) convertir l'**Explorer** pour des opérations de forage pendant les années 1984 et 1985;

(3) poursuivre les travaux scientifiques en 1984 et 1985 en utilisant les données existantes et en planifiant l'utilisation de l'**Explorer**; et

(4) utiliser l'**Explorer** comme navire de forage à partir d'octobre 1985, pendant une période de huit ans.

L'**Explorer** présente de nombreux avantages par rapport au **Challenger**: il est vraiment neuf; il est plus gros et peut être utilisé à des latitudes plus élevées; il permet des forages plus profonds car il peut transporter de la boue de forage, le tubage, et une colonne de forage plus longue. La conversion initiale ne comprendrait pas le dispositif de contrôle des puits ni la colonne montante. Ces dispositifs seraient ajoutés plus tard. La décision d'entreprendre ou non la conversion de l'**Explorer** sera prise au début de 1982 (suite à un examen scientifique pertinent effectué à la fin de 1981).

Le programme scientifique et technique pour les cinq à dix prochaines années se concentrera sur plusieurs points: (1) le contexte et l'histoire géologiques des marges continentales; (2) la nature de la croûte des bassins océaniques; par exemple, la composition de la couche inférieure de la croûte et la nature des processus de formation des minerais; (3) l'évolution dans le temps des bassins océaniques, leur climat et leur océanographie pendant

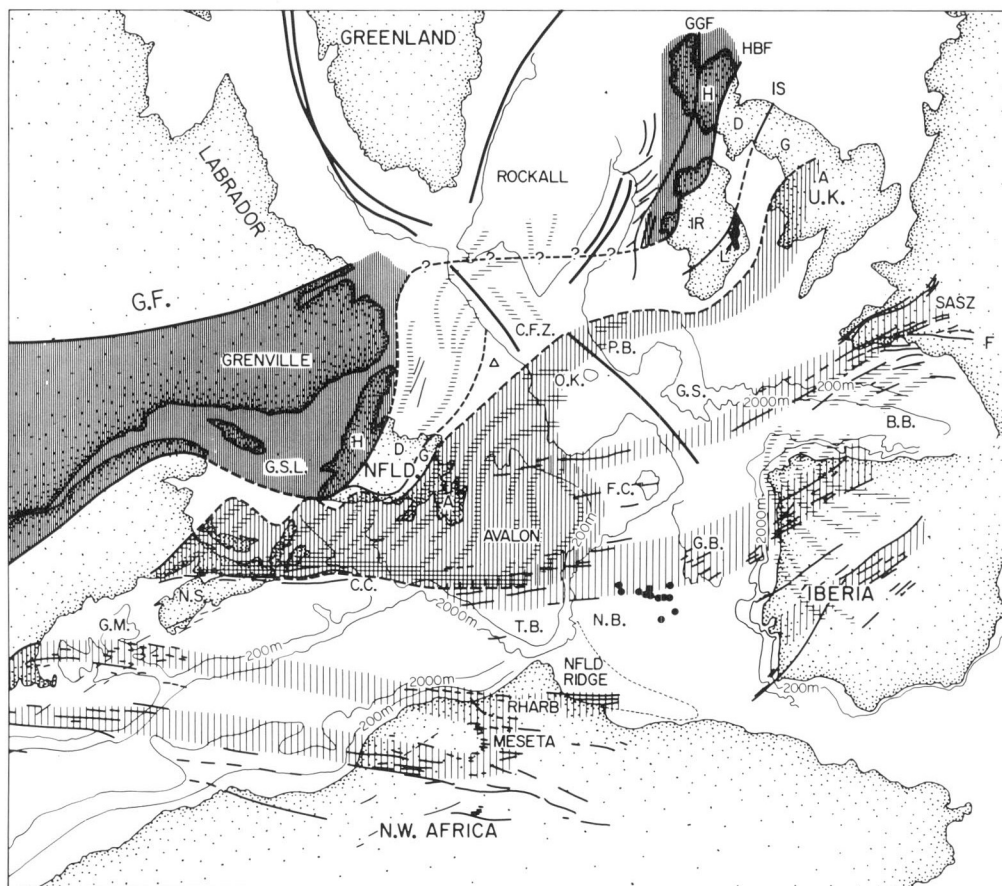


Figure 3.11. Corrélation possible entre les caractéristiques des Appalaches et celles de la chaîne calédonienne, de chaque côté de l'Atlantique. Les alignements structuraux sont indiqués par des bandes étroites de lignes horizontales. Les lignes épaisses indiquent les limites du continent et de l'océan. Les traits estompés tirés vers le nord-est de la marge nord-américaine représentent des filons intrusifs. Les autres lignes indiquent les limites des zones ou failles géologiques. Les failles orientées d'est en ouest se trouvent dans des zones indiquées par des lignes verticales. Les limites des zones Avalon-Anglesey et Humber-Hebrides sont indiquées par des lignes verticales plus rapprochées. Les monts sous-marins de Terre-Neuve sont indiqués par des points.

Abréviations utilisées:

- A = zone Avalon-Anglesey,
- BB = Biscay Bay,
- CC = alignement du collecteur Cobequid-Chedabucto,
- CFZ = zone transformante Charlie,
- D = zone Dunnage-Dundee,
- F = France,
- FC = Bonnet flamand,
- G = zone Gander-Grenore,
- GB = banc Galicia,
- GF = front de Grenville,
- GGF = faille Great Glen,
- GM = golfe de Maine,
- GS = éperon Goban,
- GSL = Golfe Saint-Laurent,
- H = zone Humber-Hebrides,
- HBF = faille Highland Boundary,
- IR = Irlande,
- IS = ligne structurale Iapetus,
- L = granite Leinster,
- NB = bassin de Terre-Neuve,
- NFLD = Terre-Neuve,
- NS = Nouvelle-Ecosse,
- OK = monticule Orphan,
- PB = banc Porcupine,
- SASZ = zone de cisaillement du sud du Massif armoricain,
- TB = extrémité du banc,
- UK = Royaume-Uni (tiré de Haworth, R.T., 1981, Canadian Society of Petroleum Geologists, mémoire 7, pages 429 à 449).

les dernières 200 millions d'années (4) la technologie du forage en eaux profondes, dans des roches difficiles à percer, et de l'équipement des trous de forages. Des exemples spécifiques sont donnés plus loin. On se base ici sur l'hypothèse que les dispositifs de contrôle des puits et de colonne montante ne seront pas ajoutés; s'ils l'étaient, la gamme de problèmes à surmonter serait plus étendue.

Les États-Unis recherchent la participation d'autres pays. (1) D'octobre 1983 à septembre 1985: comme participants au processus de planification; la cotisation annuelle pour chaque pays étranger serait d'environ 200 000 \$ ce qui porterait la cotisation totale à environ 400 000 \$. Les nouveaux membres seraient des "aspirants". Les États-Unis défraieraient la conversion de l'**Explorer** estimée à environ 60 millions de dollars; si l'on ajoute la valeur du navire, cette contribution se monte à environ 100 millions de dollars. (2) D'octobre 1985 à septembre 1993: comme membres à part entière du programme d'exploitation de l'**Explorer**: la cotisation annuelle sera d'environ 3 millions de dollars (dollars de 1983) pendant huit ans; les pays sont invités à former des consortiums et à devenir ainsi membres à part entière, les membres du consortium partageant droits, privilèges et dépenses. Le Canada s'est montré disposé à devenir "membre aspirant", lors d'une réunion des participants actuels au Programme international des forages océaniques, le 19 mai 1982, réunion à laquelle le pays était représenté par deux observateurs. C'est en 1984 (pendant la période de planification) que l'on devra s'engager à se joindre au programme comme membre à part entière, pour les huit années d'exploitation.

Besoins canadiens et le Projet de forage des fonds marins

Le Canada a besoin d'acquérir une connaissance géologique des bassins océaniques et des marges continentales, et la capacité technique de les étudier, pour plusieurs raisons:

1. Pour pouvoir mieux développer et gérer son territoire et l'extension importante de ce territoire en mer. La connaissance de la géologie des bassins océaniques est nécessaire car la compréhension des processus géologiques est essentielles pour gérer les ressources en mer, pour diriger des programmes d'exploration en vue de découvrir des minerais et des hydrocarbures sur le continent et au large, et pour comprendre les processus climatiques. La capacité technique est nécessaire pour l'exploration en eaux profondes et pour la gestion de la production d'hydrocarbures dans ces eaux.
2. Pour pouvoir contribuer à la bonne gestion des océans dans leur ensemble. La santé des océans touche tous les pays. Le Canada a un littoral très étendu d'environ 250 000 km., et trois de ses frontières sont des océans. La santé des océans a des conséquences directes pour le Canada: les océans peuvent-ils être utilisés pour l'élimination des déchets? Qu'advient-il des effluents provenant des continents: restent-ils dans les eaux océaniques, s'introduisant ainsi dans les chaînes alimentaires, ou sont-ils incorporés dans les sédiments océaniques? S'ils sont apparemment emprisonnés dans les sédiments, peuvent-ils être recyclés dans la colonne d'eau? Le Canada doit avoir une connaissance des bassins océaniques afin de pouvoir participer aux discussions internationales.
3. Pour pouvoir contribuer au développement des connaissances en général. Le pays a souvent reconnu sa responsabilité en la matière, en tant que membre de la communauté internationale.

Depuis sa création, le Projet de forage des fonds marins a contribué de façon substantielle à l'acquisition de toutes ces connaissances, et il est conçu de telle sorte que cette

contribution se poursuivra au cours des prochaines années. Voici quelques exemples de besoins canadiens spécifiques liés au Projet de forage des fonds marins:

(1) Besoins canadiens dans le domaine des sciences et de la technologie des minéraux. Le Canada est l'un des principaux fournisseurs mondiaux de métaux. Le pays est dans une position désavantageuse par rapport à ses concurrents des points de vue du coût de la main-d'oeuvre, relativement élevé, et de la qualité des minerais, relativement faible. Ces désavantages ont été compensés dans une certaine mesure par l'avance que le pays détient dans le domaine des sciences et de la technologie des minerais. Les dépôts miniers faciles à découvrir étant maintenant localisés et exploités, l'exploration au Canada devient de plus en plus coûteuse et difficile. Il est donc important de rester au premier rang en matière d'innovation et de technologie nouvelle: il faut notamment innover pour faciliter l'exploration minière sur le continent.

On a découvert récemment que des dépôts riches en métaux se formaient maintenant sur les dorsales médio-océaniques, près d'orifices de dégagement d'eau chaude chargée de métaux, ces derniers se déposant lorsque l'eau chaude entre en contact avec l'eau de mer froide. Il se dépose ainsi du cuivre, du zinc, du fer, du plomb, du molybdène et du vanadium. Ce processus est analogue à certains processus importants de minéralisation connus au Canada: analogie en termes de processus avec la formation de sulfures massifs dans certaines parties du Bouclier et peut-être au Nouveau-Brunswick, et analogie en termes de processus et de contexte géologique avec la formation de sulfures dans d'autres régions.

Diverses techniques ont été utilisées pour l'étude de ces dépôts, dont des observations directes, des expériences au fond de la mer à l'aide de submersibles et le forage à partir du **Glomar Challenger**. Des études futures à partir d'un ensemble comparable de techniques, dont le forage fait partie, permettront de comprendre les processus conduisant à la formation de ces dépôts. Du point de vue de la compréhension et des bénéfices que le Canada peut retirer de ces expériences, l'endroit où elles sont conduites a peu d'importance; cependant, d'un point de vue pratique, il serait préférable que les travaux canadiens se fassent près du Canada. On a trouvé des dépôts de minerais sur la dorsale médio-océanique à l'ouest des états de Washington et de l'Oregon, et des sites comparables existent à l'ouest de la Colombie-Britannique, bien à l'intérieur de la zone économique des 200 milles au large de la côte Ouest du Canada.

On met ici l'accent sur l'utilité de l'information concernant les processus. Il est prématuré de parler de la valeur économique directe des dépôts riches en métaux sur les dorsales médio-océaniques, en termes d'exploitation.

Ces études feraient partie d'un ensemble de travaux visant une compréhension de la croûte océanique. On sait maintenant que, l'eau du fond des océans circule à travers les dix kilomètres supérieurs de la croûte suivant un cycle d'environ dix millions d'années, et les recherches sur les dépôts de minerais le long des dorsales médio-océaniques font partie de l'étude de cet extraordinaire système de plomberie.

(2) Hydrocarbures: sûreté des approvisionnements. D'après le Programme énergétique national de 1980, le Canada devrait passer d'un déficit net de 215 000 barils de pétrole par jour en 1979 à un surplus net de 45 000 barils par jour en 1990. Ce surplus doit provenir en grande partie d'une augmentation de l'approvisionnement en pétrole de source non classique (sables bitumineux), les sources classiques dans les provinces de l'Ouest s'épuisant au cours de cette décennie. Cette prévision est nettement incertaine. L'exploitation des

ressources dans les zones pionnières au large des côtes (par ex. Hibernia) était considérée comme un atout supplémentaire à ne pas négliger. En ce qui concerne les projets actuels au large, il se sera passé 30 ans entre l'exploration initiale (fin des années 50) et le démarrage de la production (fin des années 80). Les travaux de mise en valeur se font dans des eaux relativement peu profondes. L'exploitation future se fera dans les eaux plus profondes de la marge continentale; un forage exploratoire a été effectué au large du Canada à des profondeurs d'eau de 1500 m et l'on planifie des forages à 2000 m pour 1982. Une grande partie de la marge continentale du Canada, dans laquelle cela vaut la peine de rechercher des hydrocarbures, se trouve à des profondeurs d'eau s'étendant entre la profondeur du plateau continental et environ 6000 m. L'exploration à partir du **Challenger**, dans le cadre du Projet de forage des fonds marins, a déjà contribué à l'étude des gisements d'hydrocarbures sur le plateau continental canadien en fournissant des renseignements sur la stratigraphie et des idées sur des modèles géologiques. Si l'on veut explorer les fonds marins dans le but de découvrir des hydrocarbures, il faudra baser la stratégie d'exploration sur de bons modèles géologiques; le Projet de forage des fonds marins a déjà contribué à cela en permettant, par exemple, de reconnaître les sources possibles d'hydrocarbures en eaux profondes.

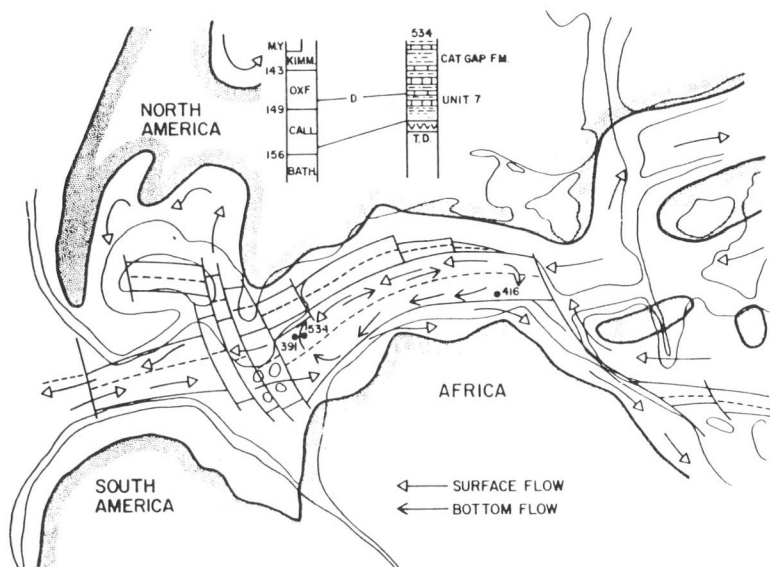


Figure 3.12. Représentation de la paléocéanographie du nord de l'Atlantique, à un temps d'anomalie magnétique M-26, soit plus ou moins durant l'Oxfordien moyen (datant de 145 Ma, dans la meilleure échelle de temps connue jusqu'ici). Cette courbe d'anomalie magnétique se trouve près de l'emplacement 534 situé sur la dorsale centrale, où des travaux de forage ont été effectués durant la phase 76 du projet de forage des fonds marins en 1980 et terminés dans le schiste du Callovien moyen recouvrant les roches du fond de l'océan. C'est la première fois qu'on détermine la date réelle de formation des roches durant la première période d'expansion des océans modernes. Il est étonnant de constater que ces roches sont d'au moins deux étapes ou 10 à 20 Ma plus jeunes que prévu dans la documentation. Les études sismiques et sédimentologiques des sédiments de fond de l'emplacement 534 montrant la présence de sédiments de type contourite laisse croire qu'à ce moment, il y a eu circulation de courants de fond, telle que représentée. De plus, on indique les tracés des courants de surface à partir de la mer Tethys dans l'est, traversant l'Atlantique en formation jusqu'au Pacifique, poussés d'est en ouest par les vents alizés (tiré de Sheridan, R., Gradstein, F., et coll., 1982, *Geological Society of America, Bulletin*, sous presse).

Certaines propositions pour des forages futurs concernent directement des problèmes canadiens. Par exemple, pour certains réservoirs au-dessous de la mer de Beaufort, il est nécessaire de pouvoir prévoir l'emplacement d'anciens canaux sur une marge continentale antérieure. L'une des propositions de forage avec l'**Explorer** concerne les analogies, soit exactement le problème susmentionné.

(3) **Enfouissement des déchets dans les grands fonds océaniques.** Certains pays, comme les États-Unis et l'Angleterre, envisagent l'enfouissement dans les fonds océaniques de déchets tels que les déchets hautement radioactifs. Ces pays peuvent exercer des pressions pour que des changements soient apportés à la convention de Londres sur l'immersion des déchets qui, à l'heure actuelle, interdit une telle pratique. Cela influera sur les discussions futures concernant l'utilisation des fonds marins. Le Canada devra connaître les effets sur les océans de cette méthode d'élimination des déchets à court et à très long terme, afin de pouvoir calculer les risques et de participer adéquatement aux discussions internationales. Le Projet de forage des fonds marins a contribué à l'étude de ce problème en fournissant une connaissance régionale du fond des océans et de ses propriétés globales et en permettant la mise au point d'équipement comme le carottier à piston hydraulique. Ce dispositif permet de prendre un échantillon complet relativement peu dérangé de la couche supérieure de sédiments sur une centaine de mètres au-dessous du fond de la mer; il n'existe aucun autre moyen d'obtenir de tels échantillons. (Un dispositif de carottage en profondeur, en cours de mise au point des États-Unis, permettra d'obtenir des carottes de 50 m de long seulement.) Ces échantillons seront absolument nécessaires pour une étude sérieuse de l'aptitude des sites envisagés pour l'enfouissement de déchets radioactifs.

L'information nécessaire à la résolution de problèmes de ce genre proviendra d'études détaillées des processus physiques et chimiques influant sur la couche supérieure de sédiments, sur une centaine de mètres au-dessous du fond de la mer, et de l'étude détaillée de leur évolution dans le temps.

(4) **Technologie.** Pour pouvoir se développer économiquement pendant les années 80, le Canada devra posséder une technologie de pointe dans tous les domaines. Du point de vue des initiatives régionales, la mise au point d'une technologie de pointe dans les industries s'intéressant au domaine marin est un objectif évident pour les provinces de l'Atlantique et la Colombie-Britannique.

Le Projet de forage des fonds marins a contribué, lui-même ou en fournissant des occasions et des stimulants à d'autres, à un grand nombre de développements technologiques: par exemple, mise au point de techniques de forage en eaux profondes, de nouveaux matériaux pour les tiges de forage, du carottier à piston hydrostatique et d'instruments pour des expériences dans les sondages. Parmi ces derniers instruments, on peut citer un téléviseur pour trou de forage, un sismomètre à la pointe de la technologie et des appareils d'analyse chimique de l'eau. Dans les années à venir, la poursuite du projet fera appel à des innovations technologiques dans plusieurs domaines, notamment ceux qui viennent d'être décrits et celui de la cartographie des fonds marins où une étape essentielle sera de découvrir de nouvelles techniques pour obtenir des renseignements avant d'entreprendre le forage. Le Canada aura besoin d'une technologie comparable dans le domaine de l'exploration et de la production sur ses talus continentaux, afin d'évaluer, par exemple, les risques

associés aux ruptures de talus et aux secousses sismiques. À l'heure actuelle, on met au point diverses techniques qui pourront se révéler très utiles pour ce genre d'étude, soit dans le cadre du Projet de forage des fonds marins, soit pour des recherches canadiennes sur les dépôts riches en métaux sur les dorsales médio-océaniques. On peut citer comme exemples: les mises au point de systèmes de cartographie par la Huntco, à Toronto, dans le cadre d'un projet subventionné par le CNRC, et par la International Submarine Engineering, à Port Moody, en Colombie-Britannique, et la mise au point de dispositifs d'échantillonnage des fonds marins par la Nordco, à St-Jean, dans le cadre d'un projet subventionné par le CNRC, et l'Université Dalhousie.

Contexte du Projet de forage des fonds marins: une organisation internationale répondant à un besoin national

Le Canada a besoin de connaissances sur les zones des bassins océanographiques situées au-delà de la flexure continentale. Acquérir cette connaissance seul serait extrêmement coûteux; il doit exister plusieurs moyens de la faire en s'associant à d'autres pays. Les mécanismes déjà adoptés comprennent des travaux conjoints, dans toutes sortes de domaines, dans l'Arctique, dans l'Atlantique et le Pacifique, en ayant recours à toute une gamme de techniques. Le Projet de forage des fonds marins est le plus organisé de ces projets de recherche géologique globale; on peut le considérer comme un laboratoire international de forage dans les bassins océaniques, pour la prochaine décennie. Les travaux effectués dans le cadre du Projet se rapporteront directement à des projets canadiens importants déjà envisagés, dont Lithoprobe fournit un exemple particulier; les projets en sciences de la Terre proposés par le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources et faisant actuellement l'objet de discussions sont d'autres exemples généraux.

La communauté scientifique canadienne

Cette communauté a soutenu avec insistance une participation canadienne active au Programme international des forages océaniques, en demandant l'adhésion du Canada au Programme. Le Conseil canadien des sciences de la Terre a exprimé les sentiments de la communauté scientifique (industrie, gouvernements fédéral et provinciaux, universités) en recommandant au ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, en décembre 1980, l'adhésion du Canada au projet.

Résumé

Le Canada a besoin d'une connaissance de la géologie des bassins océaniques, pour son propre développement. Il existe plusieurs moyens d'acquérir cette connaissance. L'un d'entre eux, le plus apparent et le plus direct, est la participation du Canada au Programme international des forages océaniques, dans le cadre du Projet de forage des fonds marins. Cette adhésion permettrait la participation, à un niveau important, de plusieurs employés de diverses institutions du secteur privé, des gouvernements et des universités. L'adhésion entraîne: la participation à la planification et à la gestion du Projet et le paiement d'une cotisation annuelle d'environ 3 millions de dollars, en tant que membre à part entière; des études connexes en laboratoire dont le coût serait de 1 à 2 millions de dollars; des travaux connexes sur les sites en mer, selon les intérêts et les capacités du Canada, pour un coût annuel de 1 à 2 millions de dollars. Les bénéfices seraient les suivants: exploration minière du sol canadien; recherche des hydrocarbures; gestion des régions au large des côtes canadiennes; utilisation correcte des océans; et la participation éclairée aux forums internationaux sur ce sujet.

LES SCIENCES DE LA TERRE EN MILIEU MARIN AU SEIN DES GOUVERNEMENTS PROVINCIAUX – R.D. Johnson, avec le concours de A.E. Sutherland Brown (C.-B.), W. Potter (N.-É.), D.E. Gemmell (N.-B.), D.S. Rankin (N.-É.), M. Sheppard (T.-N.) et B. Small (Conseil des premiers ministres des Maritimes)

Suit un compte rendu de la participation des organismes provinciaux au domaine géoscientifique marin. En réponse à une demande de commentaires de la part des diverses provinces à ce sujet, des contributions ont été reçues, certaines par écrit, d'autres de vive voix, et les informations ainsi recueillies ont ensuite été compilées de façon à présenter une certaine uniformité.

Ce compte rendu n'est pas exhaustif, puisque le nombre d'organismes devant s'intéresser aux affaires marines, en particulier aux côtes et aux rivages, est élevé. Cependant, d'après les commentaires reçus, il appert que la participation des provinces au domaine géoscientifique marin est très faible et surtout orientée vers les problèmes ayant trait aux rivages. La nature de cette participation diffère dans la province de Terre-Neuve, où l'on ne reconnaît pas au gouvernement fédéral la propriété des ressources marines et où les ressources en hydrocarbures pourraient s'avérer importantes. Si la propriété des ressources gisant au large des côtes devait être reconnue, en totalité ou en partie, aux divers gouvernements provinciaux, la participation des provinces au domaine géoscientifique marin augmenterait forcément.

Colombie-Britannique

En Colombie-Britannique, deux organismes participent, dans une faible mesure, à des programmes géoscientifiques au large des côtes: la Division géologique de la Direction des ressources minérales, au ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources pétrolières, et la Direction de l'analyse des ressources, au ministère de l'Environnement.

La Division de la géologie contribue au financement de l'étude des gîtes minéraux sédimentaires ou hydrothermiques en milieu marin, à des endroits de la crête médio-océanique en expansion. Ce programme porte le nom de Pacific Ocean Minerals Project (POMP). Pendant quatre ans, l'Université de la Colombie-Britannique a reçu 10 000 \$ pour ce programme, et elle a récemment publié les résultats préliminaires des travaux géologiques sur le terrain. En 1977 et 1978, une somme additionnelle de 10 000 \$ a été consentie à des experts-conseils pour l'analyse chimique de carottes prélevées dans le cadre du même programme.

La Direction de l'analyse des ressources, dans le cadre d'un programme réalisé en collaboration avec le Centre géoscientifique du Pacifique, a mis au point et appliqué un système de description des matériaux, des processus et des reliefs de la zone côtière. Ce système est basé sur des unités de rivage cartographiées à l'intérieur desquelles les caractéristiques des zones supratidales, intertidales et infratidales peuvent être décrites séparément. Déjà, il a été appliqué aux deux tiers nord de la péninsule Saanich à une échelle de 1/25 000, et au rivage de l'île Salt Spring, à une échelle de 1/30 000. La province a contribué au financement des deux études pour environ 20 000 \$, et le gouvernement fédéral pour 6 000 \$. Dans l'île Salt Spring, des études sur le transport des sédiments, effectuées par la Commission géologique du Canada, et des travaux de cartographie biophysique (sols, végétation, terrain, biologie marine) ont été réalisés simultanément.

Nouvelle-Écosse

En Nouvelle-Écosse, les travaux dans le domaine géoscientifique marin sont réalisés par le ministère de l'Environnement et par la Nova Scotia Research Foundation Corporation (NSRFC). Cette province participe également aux travaux du Service de gestion des ressources des Maritimes.

Les études du ministère de l'Environnement sont souvent dictées par des considérations de gestion et comportent l'étude de problèmes géotechniques. Les travaux visent à résoudre des problèmes de pollution ou d'eutrophisation accélérée des eaux côtières; le Ministère doit évaluer les effets des détails géomorphologiques sur les réseaux de circulation et étudier des plaintes reliées à des phénomènes tels que l'érosion côtière, l'inondation côtière et l'infiltration d'eau salée.

Depuis dix ans, le Nova Scotia Research Foundation Corporation a augmenté constamment le nombre de ses contrats d'études marines. Cette croissance a été rendue possible surtout par la mise au point soutenue d'instruments sismiques à haut pouvoir séparateur, qui permet de répondre à des besoins actuels et futurs des entreprises qui construisent des plates-formes de production pétrolière, des pipelines, des appointements, des îles de sable artificielles, etc. en milieu marin. En outre, des levés géologiques sont exécutés au moyen de magnétomètres, de gravimètres ou d'instruments sismiques. Dans le domaine sismique, la NSRFC a par exemple exécuté un levé au large de l'île du Cap-Breton, afin de déterminer la nature détaillée de structures géologiques et l'épaisseur des sédiments de surface qui recouvrent les couches de charbon du Carbonifère. Le personnel de la Division de la géophysique a travaillé dans la plupart des provinces et territoires du Canada, et même à l'étranger dans la mer du Nord et dans le détroit de Magellan.

Pour mettre au point ses instruments et mener ses levés sur le terrain, la Division de la géophysique emploie cinq spécialistes et trois techniciens qui représentent au total six années-personnes et demie par année. Au besoin, la Division géophysique fait appel à plusieurs autres divisions et services de la Foundation, dont le Centre for Ocean Technology.

Nouveau-Brunswick

Dans le domaine géoscientifique marin, le Nouveau-Brunswick concentre actuellement ses travaux sur un contrat de 100 000 \$. La région à l'étude comprend la partie extérieure de la zone côtière de la baie de Fundy, qui s'étend de la frontière de la Nouvelle-Écosse jusqu'à la frontière américaine, soit une distance d'environ 250 km (150 milles). Elle englobe les îles Fundy, mais pas les estuaires intérieurs. Elle forme un corridor d'environ 3 000 m de largeur qui est centré sur les plages extérieures.

Ces travaux ont pour objectif de recueillir des données sur les processus côtiers et sur les plages, de même que sur les ressources biologiques de la baie de Fundy. On y aborde des questions telles que la morphologie côtière, les courants côtiers, le transport des sédiments, l'érosion ou l'accrétion, les réserves de sable et de gravier, les exploitations de carrières sur les plages, les détails culturels du littoral, les zones de rejet des effluents et les zones de loisirs.

Au nombre des travaux figure la description de la productivité et du potentiel biologiques. Le gouvernement désire qu'on lui fasse des recommandations au sujet de la gestion des ressources naturelles de la côte, ce qui comprend les réserves de sable et de gravier, la protection des plages et le contrôle de l'érosion, l'aménagement de zones de loisirs littorales, la protection de l'écologie, les réserves de loisirs,

la répartition des ressources naturelles côtières et l'aménagement de zones de stockage du sable contaminé par des déversements de pétrole. Ce projet devrait s'achever en novembre 1980.

Service de gestion des ressources des Maritimes

Le Service de gestion des ressources des Maritimes, organisme du Conseil des premiers ministres des Maritimes, est compétent dans le domaine du génie des marées et des rivières et fait de la recherche appliquée sur des processus liés aux côtes et aux marées.

Le Service a entrepris des études théoriques et des études des effets ayant trait aux structures construites sur des marais littoraux, des estuaires et des rivières, qui font partie d'ouvrages de protection côtière et de réseaux routiers.

Récemment, il a réalisé des études des effets, établi des critères de conception et fourni des conseils pour des structures construites dans des estuaires de la Nouvelle-Écosse (lacs Bras d'Or, estuaire de la rivière Sissiboo), du Nouveau-Brunswick (rivière Petitcodiac) et de l'Île-du-Prince-Édouard (estuaires Hillsborough et de la rivière Murray).

Le Service a récemment terminé la programmation et l'essai d'un système de prévision des marées pour tous les ports primaires et secondaires des Maritimes. Il exécute aussi un programme permanent d'analyse de la croissance et du mouvement des glaces à l'intérieur des rivières littorales de la baie de Fundy. Il accorde une attention particulière à l'analyse mathématique de la formation des marais littoraux et des mouvements à long terme engendrés par des variations du niveau moyen de la mer.

Pour les études et analyses marines, il engage un spécialiste à temps plein, secondé par un certain nombre de techniciens à temps partiel (qui représentent l'équivalent d'une année-personne supplémentaire). Les activités de ces employés représentent environ 2,5 % du budget total du Service. L'organisme emploie neuf années-personnes supplémentaires pour des services reliés à des travaux de construction.

Terre-Neuve

La Direction générale du pétrole semble être le seul organisme provincial dont le personnel participe directement au domaine géoscientifique marin. Son effectif actuel comprend trois géologues, un ingénieur des réservoirs et un ingénieur de la production, qui s'intéressent tous directement aux ressources en hydrocarbures gisant au large des côtes.

Par suite des exigences de la réglementation provinciale, des sociétés d'exploration pétrolière ont entrepris des travaux en milieu marin et des dons considérables ont été versés à l'appui de la recherche. Des études représentant une valeur de plus de 1,5 million de dollars ont été exécutées au cours des deux dernières années afin de satisfaire à ces exigences: icebergs et érosion par les icebergs, échantillonnage des fonds marins, paléomagnétisme et protection contre les déversements de pétrole. Au cours de la même période, plus de 0,3 million de dollars ont été consacrés à des travaux d'information technique, et 0,73 million de dollars ont été versés en dons au Centre for Cold Ocean Resources Engineering (C-CORE) en faveur de la recherche dans le domaine, à l'Université Memorial.

La Nordco Limited, société autonome financée partiellement par le gouvernement fédéral à même la caisse du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, se spécialise dans la recherche et la technologie reliées aux eaux froides, notamment la technologie pétrolière en milieu marin.

4. UNIVERSITES

Cette partie du rapport comprend quatre documents sur les sciences de la Terre en milieu marin dans les universités canadiennes.

Dans un premier temps, M. D.J.W. Piper, ancien président du département de géologie de l'Université Dalhousie et maintenant membre du Centre géoscientifique de l'Atlantique, présente un compte rendu de l'état des Activités et dépenses des universités dans le domaine géoscientifique marin. D'après M. Piper, la participation des universités dans ce domaine est faible (2 millions de dollars par année, entre 25 et 30 scientifiques et ingénieurs universitaires à travers le Canada) et est concentrée dans un nombre de domaines peu élevé (études côtières, croûte océanique et, dans une faible mesure, géophysique, sédimentologie et stratigraphie marines). La plupart des dépenses sont partagées entre les salaires des enseignants et des étudiants diplômés (1 million de dollars), les subventions à la recherche (0,86 million de dollars), et le temps de navire sur la côte Est (0,2 million de dollars).

M. R.D. Johnson présente des statistiques supplémentaires sur le Financement des universités. Par rapport à d'autres sciences marines, le domaine géoscientifique marin regroupe 11,5 % de l'effectif étudiant et obtient 7 % des subventions d'exploitation du CRSNG (Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie). Des 6,5 millions de dollars en subventions à la recherche provenant du CRSNG à des sciences océaniques, dont 0,26 million sont allés aux sciences de la Terre en milieu marin dans six universités. Parmi les 0,6 million de dollars consentis en subventions par le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 0,08 million ont été consacrés au domaine géoscientifique marin dans neuf établissements. Environ 0,5 million de dollars sont actuellement affectés à la recherche en géotechnique marine.

L'état des Sciences de la Terre en milieu marin dans les universités est exposé par région, d'après des informations communiquées par MM. R. Chase (Colombie-Britannique), J.I. Clark (Alberta), D.H. Shields (Saskatchewan et Manitoba), S.B. McCann (Ontario et Québec), D.J.W. Piper (Nouvelle-Écosse, Nouveau-Brunswick et Île-du-Prince-Édouard) et G.R. Peters (Terre-Neuve). On attache une importance particulière à l'Université de la Colombie-Britannique et à l'Université Dalhousie, qui fournissent la majeure partie des spécialistes canadiens dans le domaine géoscientifique marin. Ces deux universités décernent en moyenne quatre ou cinq maîtrises ou doctorats par année dans ce domaine, la production de l'Université Dalhousie dépassant celle de l'autre dans un rapport de trois à deux. Les domaines et rapports de spécialisation sont semblables aux deux endroits:

Études géophysique de la croûte (Dalhousie 35 %, UCB 38 %)	40 %
Sédimentologie (Dalhousie 50 %, UCB 48 %)	50 %
Géochimie (Dalhousie 50 %, UCB 4 %)	10 %

MM. Chase et Piper insistent tous deux sur la nécessité, pour l'Université de la Colombie-Britannique et l'Université Dalhousie, de disposer de temps de navire et d'équipement moins désuets. M. Piper en particulier, voudrait que le financement soit suffisant pour former la main-d'oeuvre dont les organismes fédéraux et l'industrie ont besoin. À cet égard, il est intéressant de noter que, bien que la plupart des

universités participent à l'étude des sédiments côtiers et, en second lieu, à l'étude de la croûte océanique, l'Université Dalhousie et l'Université de la Colombie-Britannique sont les seules universités qui font état d'une participation importante en géochimie marine, et Dalhousie est la seule université qui met sur pied des programmes de gestion des ressources marines. Seule l'Université de l'Alberta déclare participer activement à des activités géotechniques en mer.

En janvier 1981, 98 professeurs d'universités se sont réunis à Ottawa dans un atelier qui avait pour thème "Les universités: la prochaine décennie", afin de discuter des progrès futurs dans le domaine des sciences de la Terre. M. Piper présente un projet de rapport rédigé par le Groupe des sciences de la Terre en milieu marin de cet atelier. Après examen de l'orientation des études scientifiques au cours des années à venir et des obstacles que les universités auront à surmonter, les auteurs du rapport recommandent des mesures visant à accroître le temps de navire disponible, augmenter le nombre de spécialistes enseignants et rehausser la qualité des techniciens.

Les quatre documents s'accordent pour dire que le facteur critique dans le domaine géoscientifique marin au Canada est la faible ampleur des activités, du point de vue du nombre de scientifiques, de techniciens et d'étudiants, des subventions à la recherche et de la disponibilité du temps de navire. D'après ces documents, les dépenses totales engagées par les universités dans les sciences de la Terre en milieu marin se chiffrent à près de 2 millions de dollars.

En rédigeant la partie du présent document qui traite des universités, le Comité a entendu les commentaires suivants et les présente ici comme des observations importantes. La formation dans le domaine de la mer se reçoit en majeure partie aux niveaux d'enseignement supérieurs; cependant, actuellement, la plupart des étudiants au baccalauréat se dirigent tout droit vers l'industrie. Par conséquent, il y aura très peu de titulaires de maîtrises et de doctorats de disponibles d'ici un an ou deux, malgré l'accroissement de la demande de spécialistes du domaine marin que l'on prévoit pour le futur immédiat. Jusqu'à maintenant, les possibilités d'emploi dans ce domaine ont été relativement rares. Beaucoup de gens ayant reçu cette formation ont trouvé un emploi dans l'exploration pétrolière, mais ils ne travaillent pas nécessairement à des projets en mer. On constate une pénurie appréciable de docteurs du domaine géoscientifique marin, et la plupart des postes qui s'ouvrent au sein des facultés doivent être comblés par des étrangers. Même si les universités ont présentement tendance à solliciter des subventions de plus en plus rémunératrices de la part de l'industrie, elles ne sont pas nécessairement disposées à assumer les contraintes et les directives qui accompagnent parfois cette aide financière. Il semble y avoir possibilité de compromis entre les universités et le secteur privé: l'industrie appuie la recherche à long et à court termes et, de leur côté, les universités s'attaquent à une plus grande gamme de domaines de recherche qui répondent aux besoins réels de l'industrie.

LES ACTIVITÉS ET LES DÉPENSES DES UNIVERSITÉS

— D.J.W. Piper

Au sein des universités canadiennes, les sciences de la Terre en milieu marin se caractérisent principalement par la faible ampleur de leurs activités. Les facultés géoscientifiques marines représentent en tout une vingtaine

de scientifiques répartis à travers le pays, auxquels s'ajoutent de cinq à dix ingénieurs. Aussi, la recherche et l'enseignement supérieur sont-ils concentrés dans des domaines peu nombreux; on trouve rarement la "masse critique" nécessaire pour mettre sur pied un programme d'études supérieures palpitant et lui procurer le matériel et l'aide technique adéquats.

Les paragraphes qui suivent traiteront de l'état actuel des diverses disciplines géoscientifiques marines.

Les études côtières sont bien représentées. Les travaux sur des plages sont exécutés en grande partie par les universités ontariennes et présentent une bonne interaction avec l'océanographie physique. La recherche sur les estuaires et les sédiments en suspension se poursuit activement, à la fois sur la côte Ouest et au Québec et est étroitement liée à d'autres disciplines marines. Comme dans le cas d'autres disciplines, les universités font peu de travaux sur le littoral dans les deux tiers septentrionaux du pays, surtout en raison des coûts.

Les études sur la croûte océanique se caractérisent par leur vigueur; on y constate la participation d'un grand nombre de géologues dont les intérêts sont habituellement étrangers au domaine marin, ainsi qu'une très bonne collaboration au niveau international.

La *géophysique marine* est pratiquée par très peu de gens, ce qui est à la fois étonnant et inquiétant compte tenu de l'importance de cette discipline tant au gouvernement qu'au sein du secteur privé. La majeure partie du travail porte sur les marges continentales. Les universités ne font pratiquement pas de travaux dans les domaines de la gravimétrie marine, de la thermodynamique ou de la sismique à résolution élevée, et très peu en géomagnétisme. Les efforts de recrutement des spécialistes de la géophysique marine à des postes au sein des universités laissent à désirer et sont rendus plus difficiles, en raison d'un manque d'équipement perfectionné et de temps de navire, et aussi à cause d'une pénurie de géophysiciens dans d'autres disciplines pour permettre les échanges intellectuels. Nul doute qu'une meilleure collaboration entre le gouvernement et l'industrie atténuerait sensiblement ce problème.

Les études en sédimentologie et stratigraphie (sauf les travaux côtiers) sont également très limitées. Il ne se fait pratiquement pas de travaux sur le plateau continental ou sur les sédiments des eaux profondes, ou encore sur leur dynamique, en partie parce que ceux qui s'y intéressent ne disposent pas de temps de navire suffisant. Occasionnellement, des étudiants diplômés exécutent des travaux sur la séquence de sédiments marins du Mésozoïque-Cénozoïque, mais les travaux de nature permanente sont quasi inexistantes. La stratigraphie du Quaternaire se limite à un petit travail sur la côte Est et à quelques études dans des zones côtières. Il y a très peu de travaux de nature géochimique.

Dépenses universitaires en sciences de la Terre en milieu marin

Dépenses directes engagées par les universités

Les membres de faculté qui y participent sont probablement au nombre de 25 et consacrent la moitié de leur temps au domaine géoscientifique marin. En supposant que le coût de participation moyen pour un membre de

faculté est de 60 000 \$ par année (y compris les frais généraux, bien que cela semble un chiffre prudent), les dépenses sont de l'ordre de 750 000 \$.

En plus, la participation d'environ 25 étudiants diplômés à raison de 10 000 \$ par année coûte 250 000 \$. Donc, le coût direct total est, très approximativement, de l'ordre du million de dollars.

Subventions à la recherche

En 1980-1981, les subventions consenties dans le domaine géoscientifique marin se présentaient comme suit:

Subventions stratégiques du CRSNG	250 000 \$
Subventions d'exploitation du CRSNG, etc.	400 000 \$
Conventions de recherches de ÉMR	90 000 \$
Autres subventions fédérales	30 000 \$
Aide provinciale	70 000 \$
Contrats et subventions du secteur privé	20 000 \$
TOTAL	860 000 \$

Temps de navire

(a) *Gouvernement canadien.* On ne dispose pas de statistiques sur les coûts de tout le temps de navire universitaire, mais les coûts des travaux exécutés en 1979-1980 sur la côte Est à bord de navires de la Division des sciences et des levés océaniques de l'Institut océanographique de Bedford sont connus.

Par discipline		Par université: toutes disciplines	
Géologie et géophysique	108 300 \$	Acadia	170 500 \$
Océanographie biologique	300 000 \$	Dalhousie	296 900 \$
Océanographie physique et chimique	208 500 \$	U. du Q. à Rimouski	62 100 \$
Travaux généraux (par exemple essais d'équipement)	18 700 \$	McGill	79 600 \$
TOTAL	635 500 \$	Memorial	26 400 \$
		TOTAL	635 500 \$

Le coût total du temps de navire utilisé en 1979-1980 par la Division des sciences et des levés océaniques du ministère des Pêches et des Océans (Atlantique) se chiffre à 7 786 900 \$. Le total de 1979-1980 pour les universités est, selon la Division des sciences et des levés océaniques, anormalement faible. En tenant compte de ce chiffre et en y ajoutant l'estimation des dépenses engagées par cette division dans les universités de la côte Ouest, le montant "normal" mis à la disposition des facultés de sciences de la Terre en vue de se procurer du temps de navire serait probablement de l'ordre de 200 000 \$.

(b) *Temps de navire des établissements et gouvernements étrangers.* Dalhousie estime que près du tiers de ses travaux sont effectués sur des navires étrangers, et que les dépenses qui sont engagées varient entre 25 000 et 50 000 \$ par année. Par conséquent, le coût total du temps de navire consacré aux travaux géoscientifiques marins dans les universités est voisin de 225 000 \$.

Total

Le total des dépenses engagées par les universités dans les sciences de la Terre s'élève donc à:

Dépenses directes engagées par les universités	1 000 000 \$
Subventions, etc.	860 000 \$
Temps de navire (dollars de 1979-1980)	225 000 \$
TOTAL	2 085 000 \$

Ce chiffre de 2 millions de dollars n'est qu'approximatif, en raison de l'instabilité des coûts en salaires. Il s'agit là d'un chiffre élevé, sans doute en raison du fait que l'expression "sciences de la Terre en milieu marin" est interprétée librement lorsque l'on parle des facultés. Cependant, il est clair, a) que les dépenses sont de l'ordre de 2 millions de dollars et, b) que le coût du temps de navire consacré aux travaux géoscientifiques marins dans les universités ne représente qu'une faible proportion des dépenses totales d'une part, et du coût total du temps de navire employé par la Division des sciences et des levés océaniques d'autre part.

LE FINANCEMENT DES UNIVERSITÉS – R.D. Johnson

Les chercheurs universitaires ont absolument besoin de sources de financement extérieures. Les informations présentées sur ces sources et sur leur importance ont été puisées dans quatre documents.

Le Comité canadien de l'océanographie a rédigé un rapport pour le Comité des subventions et des bourses du Conseil national de recherches (CNRC) au sujet des services des universités canadiennes en sciences marines (mars 1976). Ce rapport indique qu'entre 1972 et 1975, les étudiants diplômés inscrits dans le domaine géoscientifique marin représentaient 11,5 % de l'effectif inscrit dans toutes les sciences marines et recevaient 7 % des subventions d'exploitation du CNRC. La biologie marine (comme la biologie et la limnologie des eaux douces) regroupait 63 % des étudiants et obtenait 72 % des subventions. D'après le niveau de financement, les sciences de la Terre en milieu marin ont bénéficié en moyenne chaque année de l'équivalent de quatre ou cinq bourses de recherche.

Le document intitulé "Results of a Survey of Research in Geotechnics in Canadian Universities" (Société géotechnique canadienne, note technique n° 126, 1979) montre qu'environ 5 millions de dollars sont actuellement consacrés à la recherche géotechnique, dont seulement le dixième se fait en milieu marin. Des recherches étaient en cours aux universités Queens, McMaster, Memorial, à l'Université de la Colombie-Britannique et à l'Université de la Saskatchewan; parmi les sujets abordés, on compte l'étude des plages de l'Arctique, les glissements de terrain sous-marins, la glace de mer et les icebergs, l'étude d'emplacements, l'étude de fondations et les propriétés des sédiments.

Selon une publication du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) intitulée "Research Grants in Areas of National Concern in 1979-80", le domaine des "océans" est un des cinq qui ont obtenu des subventions stratégiques du Conseil, les autres étant les communications, l'énergie, la toxicologie environnementale et le domaine agro-alimentaire. Parmi les 6,5 millions de dollars versés en nouvelles subventions, 1,6 million ont été consacrés au domaine des océans (soit plus d'un cinquième). De ces 1,6 million, 0,26 million ont servi à soutenir les travaux géoscientifiques marins entrepris dans six universités. Les subventions du CRSNG, d'une valeur moyenne de 30 000 \$, englobent un large éventail de sujets, notamment les sédiments marins, l'expansion de la croûte, la prospection sismique de la croûte, la géodésie marine, les oligo-éléments et les icebergs.

Le rapport du Conseil canadien des sciences de la Terre sur la recherche en cours en sciences géologiques au Canada, qui couvre la période de mai 1979 à avril 1980 (étude 80-5 de la C.G.C.) donne un aperçu de la répartition actuelle de la recherche géoscientifique marine et des niveaux de financement. Le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources a accordé des subventions dans ce domaine à neuf des 29 établissements qui ont l'habitude d'en recevoir.

Ces neuf établissements ont obtenu 11 subventions qui représentent une somme d'argent totale de 83 350 \$; la subvention la plus élevée s'est chiffrée à 15 000 \$, et la subvention moyenne à 7 500 \$. Les subventions accordées en faveur des sciences de la Terre en milieu marin ont représenté 15 % de l'ensemble des subventions consenties, soit près de 600 000 \$. Les subventions d'exploitation accordées par le CRSNG pour des projets géoscientifiques en milieu marin, au nombre de 21, ont été réparties parmi dix établissements de la façon suivante: Université de la Colombie-Britannique (5), Université Dalhousie (5), Université McGill (2), Université du Nouveau-Brunswick (2), Université Lakehead (2), Université de Windsor (1), Université de Calgary (1), Université de Guelph (1), Université de Toronto (1), Université Queens (1). En tout, 11 de ces projets bénéficiaires ont porté sur la sédimentologie, 4 sur la tectonique, 3 sur la paléontologie et 2 sur la géochimie.

LES SCIENCES DE LA TERRE EN MILIEU MARIN DANS LES UNIVERSITÉS Contributions de MM. R. Chase, J.I. Clark, D.H. Shields, S.B. McCann, B. d'Anglejan, D.J.W. Piper, et G.R. Peters

Colombie-Britannique R. Chase

1. Université de la Colombie-Britannique

Toute la recherche géoscientifique accomplie par les trois universités de la Colombie-Britannique est concentrée à l'Université de la Colombie-Britannique, la seule qui possède une école de génie ainsi que des départements de sciences géologiques, de géophysique et d'astronomie, de géographie, et d'océanographie.

Une étude des sédiments et de la structure des deltas, des fjords, des détroits et du plateau continental a commencé à la fin des années 60. Récemment, elle a été augmentée de travaux portant sur les particules en suspension dans les fjords et dans le fleuve Fraser. La tectonique et la pétrologie des marges des plaques et des montagnes sous-marines dans le Nord-Est du Pacifique font l'objet de travaux depuis 1969. Le Département de géophysique et d'astronomie s'est intéressé à certains aspects de la structure de la marge continentale de la côte Ouest du Canada et les fonds marins adjacents depuis 1971. Une étude des sédiments des crêtes actives du Nord-Est du Pacifique a débuté en 1977. En 1979, des recherches ont été entreprises sur la géochimie des sédiments des marges continentales et des mers profondes. À cela s'ajoutent diverses études sur les relations entre les algues marines et les sédiments côtiers d'origine récente, les forces des sédiments marins et les sédiments côtiers d'origine récente, les forces des sédiments marins et les processus influant sur les déchets et résidus miniers déversés dans des inlets côtiers.

Le nombre d'enseignants et d'étudiants diplômés travaillant dans le domaine géoscientifique marin à l'Université de la Colombie-Britannique s'est accru entre 1964 et 1971, pour ensuite se stabiliser au cours des années 70. Si la situation demeure ce qu'elle est, on prévoit pour les années 80 que ce nombre restera inchangé, sauf peut-être en micropaléontologie et en géochimie marine dans le Département d'océanographie. C'est surtout en micropaléontologie et en géomagnétisme qu'il manque de personnel à l'Université de la Colombie-Britannique.

Cette université est équipée d'un profileur sismique continu mono-canal, d'échantillonneurs de sédiments et de roches, de laboratoires géochronologiques pour le Sr, le K/Ar et le Pb, d'ordinateurs, d'instruments d'analyse pour des éléments majeurs et oligo-éléments, d'une microsonde électronique et d'un microscope électronique à balayage, ainsi que de laboratoires de sédimentologie.

Les scientifiques de l'Université de la Colombie-Britannique n'utilisent qu'un navire, embarcation de 18 pieds équipée d'un moteur intérieur appartenant au Département des sciences géologiques. La plupart des recherches se font à bord de navires du gouvernement fédéral que l'université obtient par l'entremise du groupe de travail de la côte Ouest du Comité canadien d'océanographie.

L'enseignement et la recherche dans les divers départements représentent 4,5 années-personnes par année, et le nombre de diplômés en moyenne sept par année. Les fonds consacrés à la recherche, de l'ordre de 100 000 \$ par année, proviennent des gouvernements fédéral et provincial ainsi que de l'industrie.

ÉTUDIANTS DIPLÔMÉS DE L'U.C.B. EN SCIENCES DE LA TERRE EN MILIEU MARIN, DE 1969 À 1980

Nombre total d'étudiants ayant obtenu un diplôme, de 1969 à 1980: 28

M.Sc./M.Sc.A.	56 %
D.Ph.	44 %

Domaines:

Géophysique/croûte	48 %
Sédimentologie	48 %
Géochimie	4 %

Besoins majeurs en équipement. Les universités manquent de certains instruments dont les scientifiques canadiens ont besoin pour explorer convenablement les régions profondes de la marge continentale et les fonds marins avoisinants. Ainsi, elles devraient posséder un navire équipé d'un système sonar multi-faisceaux pour établir des courbes bathymétriques détaillées, ainsi qu'un submersible capable de fonctionner à des profondeurs supérieures à 2 km. Compte tenu du coût élevé d'acquisition et d'entretien de cet équipement, il est compréhensible qu'il soit préférable qu'un ministère gouvernemental agisse en tant qu'exploitant. Compte tenu de la longueur de ses côtes et du caractère largement inexploré de sa marge continentale, le Canada aurait intérêt à se doter d'un système sonar multi-faisceaux. Un submersible habité, capable de fonctionner à des profondeurs de 1 à 6 km, rendrait possible l'exploration des événements hydrothermiques et des gisements qui se trouvent à des profondeurs de 2 à 3 km sur les crêtes Juan de Fuca et Explorer, ainsi que l'observation directe des processus qui s'y déroulent. Actuellement, le *Pisces IV*, propriété du gouvernement canadien, ne peut guère aller que jusqu'à 2 km de profondeur, et son champ d'observation directe est limité à la partie supérieure du talus continental.

2. Université Simon Fraser

Deux membres du Département de physique de cette université se penchent actuellement sur la façon de dater les sédiments marins au moyen de compteurs par thermoluminescence et scintillation alpha.

3. Royal Roads Military College, Esquimalt (Colombie-Britannique)

Le personnel du Coastal Marine Sciences Laboratory de Royal Roads a entrepris des levés du sous-sol marin dans des ports situés près de Victoria, à l'aide d'un sonar à 3,5 kHz.

4. Université de Victoria

Il ne s'y fait actuellement aucunes recherches géoscientifiques en milieu marin. L'université utilise néanmoins un navire de recherches qui conviendrait aux eaux côtières.

5. British Columbia Institute of Technology

Aucuns travaux géoscientifiques en milieu marin pour l'instant.

6. Bamfield Marine Station

La Bamfield Marine Station, dirigée par la Western Canadian University Marine Biological Society à Bamfield, sur la côte ouest de l'île Vancouver, met des locaux et des laboratoires à la disposition des enseignants et des étudiants et offre des cours et des possibilités de recherche en biologie et écologie marine. Il ne s'y fait pas de recherches géoscientifiques en milieu marin.

Alberta J.I. Clark

Université de l'Alberta

Des recherches se font sur les propriétés géotechniques des sédiments marins. Beaucoup d'études, dont certaines peuvent s'appliquer au pergélisol sous-marin, ont été réalisées au sujet des problèmes géotechniques associés au pergélisol. Malgré la faible envergure du programme de géotechnique marine de cette université, certains membres du personnel ont participé très activement à des travaux de consultation sur des aspects géotechniques des projets de mise en valeur qui ont lieu dans la mer de Beaufort et au large de la côte Est.

Canada central S.B. McCann, en collaboration avec B. d'Anglejan et D.H. Shields

Les paragraphes qui suivent présentent un résumé des activités universitaires en sciences de la Terre en milieu marin dans les provinces qui bordent la baie d'Hudson et la baie James, ainsi que le réseau du fleuve Saint-Laurent et des Grands Lacs, à savoir le Manitoba, l'Ontario et le Québec. Le Manitoba ne fait pas de recherches marines actuellement (D.H. Shields). Le présent document ne tient pas compte des travaux réalisés en génie côtier ou civil, qui ont lieu particulièrement aux universités McGill et Queens.

Ontario

Il ne se fait pas beaucoup de recherches en sciences marines dans les universités ontariennes, mais sept individus de différents établissements, dont six ont signé des documents parus dans le volume *Coastline of Canada* publié par la Commission géologique du Canada en 1980 (étude 80-10, CGC), réalisent des recherches et enseignent à des étudiants gradués dans les domaines de la sédimentologie et de la géomorphologie des côtes et des avant-plages. Tous poursuivent leurs recherches à divers endroits du littoral canadien. En outre, des membres du Département de géologie de l'Université McMaster se sont livrés, entre 1968 et 1976, à un vaste programme d'études sur les sables intertidaux modernes de la baie de Fundy.

Les activités ont peu d'envergure du point de vue des budgets, du matériel et de l'aide technique. Les coûts des travaux sur le terrain, souvent en régions éloignées, absorbent une proportion assez importante du budget total affecté à la recherche. Trois des groupes d'études disposent de petites embarcations ouvertes pour les levés effectués à l'intérieur des terres, ainsi que d'écho-sondeurs et de matériel de carottage en eaux peu profondes, et tous affirment qu'ils ont accès à de bons laboratoires pour l'étude des sédiments. Scarborough est équipé d'un système de contrôle hydrodynamique à mini-ordinateur, qui comprend des échelles de vagues à résistance continue et des débitmètres électromagnétiques.

Certaines universités ontariennes réalisent des projets de recherches variés en milieu côtier, y compris:

Guelph (Géographie)

1. Processus de transport des sédiments dus à des ondes de tempête sur un cordon littoral.
2. Sédimentation dans la baie Georgienne.
3. Problèmes d'érosion côtière entre Grimsby et Hamilton.

Guelph (Sciences des ressources terrestres)

1. Géomorphologie et sédiments des milieux marins peu profonds de la côte ontarienne de la baie James et de la baie d'Hudson.
2. Processus sédimentologiques et séquences d'estuaires des rivières des basses-terres de la baie d'Hudson.

McMaster (Géographie)

1. Zones d'estran (tidal flats) subarctiques dans une région de forte oscillation de la marée dans le sud-est de l'île Baffin.
2. Dispersion des sédiments et morphologie côtière, détroit de Géorgie, littoral de l'île Vancouver, Colombie-Britannique.

McMaster (Géologie)

1. Effets environnementaux possibles d'une centrale marémotrice à la baie de Fundy, en particulier sur les populations benthiques intertidales.

Queens (Géographie)

1. Sédimentation des fjords et des eaux marines peu profondes dans le sud-est de l'île Baffin.

Scarborough College, Toronto (Géographie)

1. Hydrodynamique des avant-plages: études empiriques sur le mouvement de l'eau sous l'effet des petites profondeurs et du déferlement des vagues.
2. Transport des sédiments, formes des lits et structures sédimentaires produites par les effets des petites profondeurs et du déferlement des vagues dans une zone de cordons littoraux.
3. Modélisation numérique du transport des sédiments sur le bord de l'eau de Toronto.

Windsor (Géographie)

1. Formation de plates-formes côtières dans l'Est du Canada, soit à Gaspé, dans la baie de Fundy, en Terre-Neuve et dans les régions des lacs Érié et Huron.

Québec

Au Québec, deux principaux groupes font de la recherche et de l'enseignement en océanographie, et chacune comporte un élément géologique: le GIROQ (Groupe interuniversitaire de recherches océanographiques du Québec) et, à Rimouski, deux groupes étroitement liés, soit:

L'Institut national de la recherche scientifique (INRS – Océanologie) de Rimouski, et
Le Département d'océanographie de l'Université du Québec à Rimouski.

Le GIROQ a été fondé en 1970, après que des océanographes de l'Université McGill, de l'Université Montréal et de l'Université Laval aient décidé de s'affilier pour collaborer à des projets de recherche dans l'estuaire du Saint-Laurent. L'introduction empreinte d'optimisme de son plus récent rapport (GIROQ, Rapport septième, 1978-1979) indique que le groupe a réussi à s'imposer sur le plan scientifique et continue de fournir l'infrastructure nécessaire à une variété d'études différentes. Une bonne partie de la recherche était de nature biologique et, parmi les 49 projets énumérés pour 1978-1979, seulement huit ou neuf pourraient être classés dans la catégorie de la géologie. La majeure partie de ces travaux géologiques a été entreprise au Marine Science Centre de l'Université McGill.

À ce centre, la recherche en géologie marine comprend les études sédimentologiques et géochimiques dans des eaux côtières peu profondes et des estuaires du fleuve Saint-Laurent, ainsi que dans des milieux comparables le long de la côte est de la baie James. Ces travaux pourraient être groupés sous les titres suivants: Évolution quaternaire de la morphologie et du régime de sédimentation des estuaires; Processus de transport des sédiments dans les conditions océanographiques actuelles; Géochimie des particules en suspension et des sédiments de surface.

À Rimouski, les deux organisations sont logées dans le Laboratoire océanologique de Rimouski, qui a ouvert ses portes en 1975 et dont l'exploitation est assurée par l'INRS – Océanologie, sur le campus de l'Université du Québec à Rimouski. Les deux groupes sont relativement nouveaux, comme en fait l'Université de Rimouski, et c'est pourquoi il est encore trop tôt pour évaluer convenablement le succès de l'établissement d'un centre océanographique isolé au Québec. Dans leurs plus récents rapports, les deux groupes insistent sur la collaboration qui existe entre eux et affichent de l'optimisme.

L'INRS fait de la recherche appliquée à la gestion des côtes, qui est divisée en deux programmes: biologie, physiologie et biochimie marines d'une part, et sédimentologie littorale d'autre part; jusqu'à maintenant, c'est au premier que l'on a attaché le plus d'importance. Les projets de sédimentologie littorale entrepris en 1978-1979 ont porté sur la sédimentation dans le port de Gros-Cacouna et les sédiments littoraux à Trois-Pistoles, dans l'estuaire du Saint-Laurent, et sur les sédiments et processus littoraux dans les Îles-de-la-Madeleine. L'Institut s'est enrichi d'un nouveau spécialiste de la sédimentologie côtière, et il entreprend actuellement des études sur les estuaires et deltas des tributaires de la rive nord du fleuve Saint-Laurent.

Le Département d'océanographie a été créé en 1979 par les membres d'un groupe de chercheurs en océanographie qui s'était formé au sein du Département des sciences (Section d'océanographie de l'Université du Québec à Rimouski); cette section avait été établie en 1973 et, depuis lors, offrait un programme de maîtrise. Le programme est multidisciplinaire, englobant les aspects physique, géologique, chimique et biologique de l'océanographie. On envisage de mettre sur pied un programme de doctorat. Les enseignants et chercheurs à temps plein en océanographie sont au nombre de six et comprennent un physicien, un géologue, deux géochimistes et deux biologistes. Cinq autres membres du corps professoral apportent également leur contribution au programme, en enseignant et en supervisant des thèses. Trois membres de la faculté participent à des recherches géologiques et géochimiques, étudiant la biogéochimie de la couche limite benthique.

Provinces de l'Atlantique D.J.W. Piper

Dans les provinces de l'Atlantique, presque tous les travaux universitaires en sciences de la Terre en milieu marin se font à l'Université Dalhousie, à Halifax, et c'est pourquoi d'ailleurs, la majeure partie de cet exposé traitera de cet établissement.

Université Dalhousie

À l'Université Dalhousie, les travaux géoscientifiques marins sont répartis entre deux départements distincts, ceux de la géologie et de l'océanographie. Il existe une étroite collaboration non officielle entre les deux, et la répartition des recherches, de l'enseignement et du matériel dépend en grande partie des intérêts de chacun des membres de la faculté. L'université est reconnue pour ses travaux sur la croûte océanique, sur la structure de la marge continentale, sur la sédimentation marine récente et sur le Quaternaire. La majeure partie des travaux s'effectuent dans l'Atlantique Nord et dans les mers contiguës.

Dotation. L'université a récemment créé deux nouveaux postes géoscientifiques marins au sein du Département d'océanographie, et un nouveau poste dans le Département de géologie qui peut être comblé par un spécialiste des sciences de la Terre en milieu marin. Ces postes ne sont pas inclus dans le tableau 4.1, qui rend compte de la situation au 1^{er} janvier 1981. Presque tous les professeurs des sciences de la Terre en milieu marin ont également des responsabilités qui n'ont pas trait au domaine marin. En revanche, beaucoup de membres de la faculté s'intéressent indirectement à ce domaine (par exemple des spécialistes de l'océanographie chimique et de la pétrologie des roches ignées).

En outre, une vingtaine de membres de la faculté s'intéressent au domaine des océans, ce qui comprend à la fois la science de l'océanographie (départements d'océanographie et de biologie), ainsi que les aspects juridique, économique et social des océans (programme des études océaniques).

L'université compte très peu de spécialistes dans le domaine de la mise au point d'équipement (bien qu'elle travaille en collaboration avec le Centre géoscientifique de l'Atlantique dans le programme de l'électroforage) et n'a pour ainsi dire aucun contact avec des ingénieurs marins.

L'université entretient d'étroits contacts avec l'Institut océanographique de Bedford, en particulier avec le Centre géoscientifique de l'Atlantique; certains employés du Centre siègent à des comités de surveillance et assurent la supervision d'environ 20 % des étudiants diplômés qui s'orientent vers le domaine marin.

Financement de la recherche. Il existe trois principales sources permanentes de financement de la recherche (tab. 4.2):

- i) Subventions d'exploitation et subventions en capital du CRSNG accordées à des chercheurs individuels.
- ii) Subventions stratégiques (océans) du CRSNG, accordées à des groupes et à des particuliers et, anciennement, subventions de coopération du CRNSG.
- iii) Conventions de recherches du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources.

À ces sources, il faut ajouter l'aide apportée par l'industrie à des projets particuliers.

Tableau 4.1. Personnel en sciences de la Terre en milieu marin, Université Dalhousie

	Nombre	Nombre total d'années-personnes
Membres réguliers ayant les sciences de la Terre en milieu marin comme principal centre d'intérêt	5	3,5 ^{1 2}
Nominations spéciales (à titre temporaire) ³	2	1,5 ⁴
Membres réguliers s'intéressant indirectement aux sciences de la Terre en milieu marin	7	1
Chercheurs associés subventionnés, niveau post-doctorat	2	2
Techniciens payés par l'université	2	1,2
Techniciens subventionnés (y compris des adjoints étudiants à temps partiel)	?	3

¹ De ce chiffre, environ 70 % font de la recherche et supervisent des étudiants gradués, 20 % enseignent les sciences de la Terre en milieu marin et 10 % font de l'administration. Parmi les 1,5 année-personne qui restent, 60 % font de l'enseignement et 40 % de la recherche dans un autre domaine.

² Nombre total de membres dans le Département de géologie: 12 (11 années-personnes), dans le Département d'océanographie: 13 (12,5 années-personnes).

³ Un est payé par l'université, un autre payé en grande partie par le CRSNG.

⁴ Ces années-personnes se consacrent surtout à la recherche. La dernière 0,5 année-personne est surtout utilisée pour la recherche dans un domaine autre que les sciences de la Terre en milieu marin.

L'université dépense très peu de sommes d'argent autrement qu'en salaires (par exemple pour démarrer une nouvelle faculté ou consentir une aide occasionnelle en faveur de nouveaux projets). En revanche, elle engage un technicien marin à temps plein, ainsi qu'un technicien en géophysique qui fait beaucoup de travaux dans le domaine marin. Le gouvernement provincial ne participe pas au financement de la recherche.

Le tableau 4.2 indique la répartition des sources de financement entre 1978 et 1980.

Programmes d'enseignement. Le Département de géologie offre un programme général du 1^{er} cycle. Ce programme ne donne pas de spécialisation dans le domaine marin, bien que plusieurs classes avancées et une "classe d'intérêt" soient offertes en géologie et en géophysique marines. Ces classes intéressent entre 5 et 10 % de l'effectif total du Département. En raison de la faible dimension du Département et de la lourde charge de travail du personnel qui enseigne aux étudiants de 1^{er} cycle, le programme d'études supérieures est limité. Il y a toujours environ 40 % des étudiants du niveau supérieur du Département de géologie qui étudie dans le domaine marin ou dans des domaines connexes (tab. 4.3).

Tableau 4.2. Financement total de la recherche en sciences de la Terre en milieu marin de 1978-1980 à l'Université Dalhousie

	000 \$
Subventions d'exploitation du CRSNG	240
Subventions stratégiques du CRSNG	150
Autres subventions du CRSNG	30
Conventions de recherche de ÉMR	100
Subventions de l'industrie	5
Contrats de l'industrie	5
Universités*	10
Lorsque les fonds ne sont destinés qu'en partie à la recherche géoscientifique en milieu marin, les chiffres sont divisés proportionnellement.	
* Sauf les traitements et services réguliers, ainsi que les sommes allouées pour les voyages de conférence.	

Tableau 4.3. Étudiants gradués en sciences de la Terre en milieu marin de 1975-1980, Université Dalhousie

Nombre total d'étudiants ayant obtenu leur diplôme entre 1975 et 1980:	
20 (total de 22 diplômes)	
M.Sc. 55 %	
D.Ph. 45 %	
Domaines:	
Géophysique (surtout régionale)	25 %
Croûte océanique	10 %*
Sédimentologie	20 %
Quaternaire/micro-paléontologie	30 %
Géochimie	15 %**
Emplois actuels:	
au Canada,	
industries	35 %
universités	
(professionnels)	15 % 55 %
gouvernement	5 %
à l'étranger,	
industries	5 %
universités	
(professionnels)	10 % 30 %
gouvernement	15 %
étudiants ou chercheurs de niveau post-doctorat	15 %
Nationalité au début du programme d'études supérieures:	
Canadiens ou immigrants reçus	35 %
Étrangers	65 %
* Ne comprends pas les études connexes sur les îles océaniques	
** Ne comprend pas l'océanographie chimique	

Ainsi, les membres du Département peuvent être divisés en deux groupes: ceux qui s'intéressent au domaine marin et qui jouent un rôle de moindre importance dans le programme d'études du 1^{er} cycle, mais qui consacrent beaucoup de temps à la supervision d'étudiants des 2^e et 3^e cycles, et ceux qui s'intéressent aux travaux sur la terre ferme et qui se chargent du programme d'études menant au baccalauréat. Peu importe si ce problème est dû à la réalité ou à la façon dont on la perçoit, toujours est-il qu'il engendre des tensions internes.

Le Sénat de l'université vient récemment d'approuver un nouveau programme d'études avec spécialisation en géologie des ressources marines. Cette décision vient en parallèle avec des innovations apportées dans plusieurs autres départements des sciences (par exemple en biologie), qui ont mis sur pied des programmes de B.Sc. avec spécialisation dans le domaine marin et qui pourraient un jour mettre en place un programme de B.Sc (Mar.) (bachelier ès sciences marines). Le programme de géologie vise à inclure aux étudiants en géologie de solides connaissances en géologie et dans les domaines de l'océanographie qui ont trait à la recherche des minéraux et des hydrocarbures. L'Université a approuvé ce programme en sachant qu'il n'entraînerait pas de dépenses supplémentaires au début; le département compte demander du financement au secteur privé et profiter des retombées des programmes de subventions stratégiques et de bourses de recherches du CRSNG.

Le Département d'océanographie est un département d'études supérieures. Il offre un cours d'introduction générale de 1^{er} cycle aux étudiants spécialisés en biologie et en géologie. D'autres secteurs de l'Université font pression sur lui pour qu'il donne d'autres cours de 1^{er} cycle, suffisamment en tout cas pour permettre à un étudiant spécialisé d'obtenir une mention en océanographie. (Aucune pression n'est exercée pour que ce département offre une spécialisation en océanographie.) Jusqu'à récemment, le Département souffrait d'une grave pénurie de personnel enseignant les sciences de la Terre en milieu marin (1,5 poste); cependant, il vient d'obtenir deux autres postes que l'on cherche à combler. Pour l'instant, ce n'est qu'en géophysique que le Département offre un bon choix de cours géoscientifiques marins du niveau supérieur. Peu d'étudiants obtiennent un diplôme en sciences de la Terre en milieu marin.

Services et matériel. L'Université obtient du temps de navire par l'entremise de l'Institut de Bedford. En moyenne, elle se fait accorder deux à trois semaines de temps de navire (en majeure partie sur le *CSS Dawson*) en vue d'effectuer des travaux géoscientifiques marins, et peut-être une somme de temps équivalente dans le cadre des programmes du Centre géoscientifique de l'Atlantique. Le travail côtier est exécuté à bord de bateaux de pêche loués, de même que sur le bateau de 6 m qui appartient au Département d'océanographie. Un peu de temps est également alloué à l'Université à bord de navires américains et britanniques.

La disponibilité du temps de navire limite le type de recherche que l'Université effectue, mais elle ne réduit pas pour autant la somme de temps consacré à la recherche étant donné que celle-ci est pour ainsi dire planifiée en fonction du temps de navire disponible. Les étudiants diplômés n'ont aucune difficulté à acquérir une expérience pratique des navires par l'entremise de l'Institut océanographique de Bedford. Il est plus difficile et plus coûteux d'acquérir de l'expérience sur de petites embarcations; cette expérience est pourtant très utile, car elle permet aux étudiants de développer les aptitudes nécessaires pour mieux remplir la fonction de scientifique principal à bord d'un bateau de plus grande taille.

Il est difficile de concilier les demandes de temps de navire avec l'approbation et la description des programmes de recherche des étudiants gradués, ce qui entraîne parfois certains conflits. Les étudiants diplômés doivent généralement participer à des programmes pour lesquels du temps de navire a été réservé; lorsqu'elle formule ses demandes de temps de navire, l'Université doit faire preuve de beaucoup de prescience, puisqu'elle doit déterminer ce que sera vraisemblablement l'effectif des étudiants qui participeront à ces programmes de recherches.

Le tableau 4.4 donne la liste des principaux instruments embarqués à bord des navires. Souvent, du matériel supplémentaire peut être emprunté à l'Institut océanographique de Bedford. L'Université dispose d'un équipement de base suffisant pour la géologie marine sédimentaire; par contre, le matériel servant aux travaux géophysiques est nettement insuffisant et le demeurera probablement en raison de son coût élevé. Le matériel ordinaire de laboratoire est satisfaisant mais commence à prendre de l'âge. Les installations Aquatron du Département d'océanographie sont peu utilisées pour les travaux géoscientifiques en milieu marins. Le progrès des programmes dans ce domaine est sérieusement compromis par le manque de spécialistes en mise au point d'équipement et par la lenteur avec laquelle s'effectue le transfert des nouvelles méthodes à l'Université dans la plupart des domaines (surtout à cause des coûts, de l'inertie et d'un manque de main-d'oeuvre qualifiée). Une collaboration beaucoup plus étroite avec le gouvernement et l'industrie (suivant l'exemple du programme d'électroforage et du programme de sondage des fonds marins) est essentielle. Les nouvelles subventions stratégiques du CRSNG offrent la possibilité de remédier à quelques-uns de ces problèmes.

Perspectives. L'avenir des sciences de la Terre en milieu marin à l'Université Dalhousie est incertain. Bien que l'Université ait pris des engagements dans ce domaine, ceux-ci sont insuffisants pour bien des raisons. En particulier, les lieux sont inappropriés (le Département de géologie est logé dans quatre bâtiments différents), et les salaires non compétitifs. La syndicalisation des employés a eu pour effet de diviser la faculté, de détourner des sommes d'argent qui, jusque là, servaient à promouvoir l'excellence et de nuire à l'élaboration d'une solide politique de gestion, capable de résoudre bon nombre de problèmes financiers de l'Université.

Tableau 4.4. Instruments de bord utilisés en sciences de la Terre en milieu marin par l'Université Dalhousie

Canon à air, compresseur, batterie d'hydrophones*
Étinceleur*
Magnétomètre Varian*
Treuil portatif
Deux enregistreurs sismiques
Profileur à 3,5 kHz
Carottier à piston Alpine
Carottier à section de 50 cm ²
Appareil de prise de vues en eaux profondes
Dragues à roches
Sondes à flux thermique*
Exclut le matériel servant surtout à l'océanographie chimique ou physique
*Instruments désuets ou qui datent de plus de dix ans

Tous ces inconvénients sont néanmoins compensés par la concentration des scientifiques marins et des installations dans la région de Halifax.

Il semble que l'avenir des sciences de la Terre en milieu marin dépendra dans une large mesure du financement ou de l'aide du gouvernement fédéral. Les programmes de subventions stratégiques du CRSNG et l'étroite collaboration de l'Université avec le Centre géoscientifique de l'Atlantique et l'Institut océanographique de Bedford ouvrent effectivement de nouvelles perspectives de développement. Les subventions stratégiques du CRSNG, qui ont remplacé les subventions au développement négociées et le financement en bloc des instituts océanographiques, remplissent bien leurs fonctions et, jusqu'à maintenant, semblent être beaucoup plus souples et mieux répondre aux besoins des chercheurs que ne le faisaient les programmes précédents.

Le manque d'étudiants au niveau supérieur et la forte proportion d'étudiants étrangers sont des problèmes qui persistent. Actuellement, ces problèmes sont attribuables principalement aux salaires élevés offerts par l'industrie, mais aussi à un manque de sensibilisation aux sciences marines dans une bonne partie du Canada. Déjà, on observe une pénurie de main d'oeuvre qualifiée dans les sciences de la Terre en milieu marin, et aucun des nouveaux programmes du CRSNG ne semble réussir à favoriser une plus large participation des étudiants gradués. L'industrie doit trouver des moyens d'assurer la formation adéquate des travailleurs qu'elle engage.

Autres universités des provinces de l'Atlantique. À part Dalhousie, quelques universités des Maritimes font un peu de recherche géoscientifique en milieu marin, souvent en collaboration avec l'Institut océanographique de Bedford, la plupart du temps dans les domaines de la géologie sédimentaire et de la paléontologie, à des emplacements contigus. Cette recherche emploie peut-être au total 0,5 année-personne professionnelle, plus 0,5 titulaire d'un diplôme d'études supérieures chaque année. La plupart des programmes d'études du 1^{er} cycle comportent un élément mineur de sciences de la Terre en milieu marin.

Terre-Neuve R.G. Peters

Université Memorial de Terre-Neuve

L'Université Memorial compte un groupe de recherches en génie marin, qui entreprend notamment des projets dans le domaine de la géotechnologie marine. Actuellement, elle a en cours trois projets relatifs aux sciences de la Terre en milieu marin, auxquels travaillent sept personnes. Ces projets sont financés par des subventions d'exploitation et des subventions stratégiques du CRSNG de 60 000 \$ par année, auxquelles s'ajoutent des crédits internes. Voici une brève description de ces trois projets:

1. Étude des propriétés des sédiments marins par détection acoustique. Ce travail consiste essentiellement à trouver des moyens de classer les sédiments marins par voie acoustique et à déterminer leurs propriétés géophysiques et géotechniques en se basant sur des données recueillies dans la baie Placentia.
2. Identification des couches sous-marines par voie acoustique et par traitement des signaux. Ce travail consiste à déterminer la géométrie des couches sédimentaires et des strates rocheuses sous-marines. On emploie à cette fin un modèle de réflexion multiple.
3. Pénétromètre d'impact. On a conçu et vérifié un pénétromètre en mer, à des profondeurs de 100 m. On continue de mettre en relation les données fournies par le pénétromètre et les propriétés de sols types.

Les 24 et 25 janvier 1981 se tenait à Ottawa un atelier sous le thème de "la prochaine décennie des sciences de la Terre dans les universités canadiennes", organisé par le Comité des directeurs des départements des sciences de la Terre, assisté du CRSNG. On a aussi créé un sous-groupe géoscientifique marin constitué de sept membres qui représentent tous les spécialistes des sciences marines pouvant recevoir des subventions par l'entremise du comité chargé de l'octroi des subventions en faveur des sciences de la Terre (dont notamment les spécialistes de l'océanographie physique et chimique). Ce sous-groupe a rédigé un rapport, en se basant sur ses propres opinions, sur des commentaires présentés par écrit ou par téléphone par une quinzaine d'autres spécialistes des sciences marines et sur les exposés oraux de six scientifiques de la mer qui siégeaient à d'autres sous-groupes. Suit ci-dessous une version abrégée de ce rapport, laquelle souligne les principales préoccupations et recommandations.

Le groupe s'est posé deux principales questions: Quels types de sciences devrait-on pratiquer au cours des dix prochaines années? Quels seront les obstacles à surmonter?

1. Les types de sciences

Le groupe a relevé des points communs parmi les projets de recherches proposés par des scientifiques.

- Dans les domaines qui ont fait l'objet de recherches poussées depuis dix ans, les chercheurs ont commencé par répondre à des questions scientifiques en proposant des descriptions fondamentales, puis ils ont cherché à comprendre tous les détails des processus en cause; ils doivent bientôt songer à passer au stade prévisionnel. Par exemple: Quelle sera la couverture de glace dans le golfe Saint-Laurent en février prochain? Est-il possible de concevoir des expériences permettant de déterminer comment les sédiments sont transportés dans telle et telle condition dans la zone de brisants? Quel est le rôle des organismes benthiques dans le transport vertical des solutions et particules de matières organiques dans les sédiments de surface?
- Dans d'autres domaines, il y a moyen de résoudre des problèmes scientifiques majeurs uniquement par des observations. Comment s'effectue l'écoulement de l'eau à travers la croûte océanique nouvellement formée? En quoi consiste la couche 3 de la croûte océanique? À quels processus d'érosion doit-on la fine dissection du talus continental? Est-il possible d'utiliser la télédétection par satellite afin de prévoir la circulation océanique?
- Les scientifiques canadiens sont les mieux placés pour résoudre certains types de problèmes scientifiques qui sont particuliers au Canada, par exemple au sujet de la dynamique de la glace de mer, des zones littorales, de la subduction isismique et de l'affouillement du sol par les icebergs.
- Le Canada a laissé échapper beaucoup d'occasions de participer au plus important programme géoscientifique de la dernière décennie, le DSDP-IPOD. La suite de ce projet représentera encore le programme géoscientifique international le plus prestigieux des dix prochaines années. Le Canada pourrait en retirer des avantages appréciables du double point de vue scientifique et technologique, en n'assumant qu'une faible proportion du coût total.

2. Les obstacles

a) Disponibilité des navires

Le groupe estime que la disponibilité des navires est actuellement insuffisante. D'une part, il n'y a pas suffisamment de navires canadiens et, d'autre part, les navires sont exploités par des ministères gouvernementaux et, comme le dit si bien un des participants, les universités forment "l'étage inférieur du totem". Jusqu'ici, les propositions de subventions ont été formulées en fonction de ce manque de temps de navire et, dans l'ensemble, les scientifiques universitaires n'en demandent pas plus, parce qu'on leur dit qu'ils ne peuvent espérer davantage et que de se montrer trop exigeant leur ferait du tort.

Le groupe est préoccupé par la somme de temps total mise à la disposition des universités mais, ce qui est plus grave encore, est la répartition géographique du temps de navire et l'époque de l'année où il est utilisé. Il est pratiquement impossible d'étudier une région où il faut se rendre fréquemment, à moins qu'elle ne se trouve dans un rayon de 200 km d'un port important. Ainsi, les problèmes où le temps est un facteur critique et qui exigent des échantillonnages fréquents, ou encore les problèmes des eaux profondes sont hors de la portée des étudiants universitaires. Pour résoudre de nombreux problèmes géologiques des fonds marins, on commence par recueillir et interpréter des données, puis on détermine la nature des autres informations dont on a besoin. Il faut pour cela se rendre souvent dans la même région. La réalisation des projets de ce genre exige la collaboration des laboratoires gouvernementaux. On constate aussi un manque évident de navires de recherche capables de fonctionner dans des conditions de glace difficiles. C'est pourquoi il ne se fait presque pas d'observations océaniques l'hiver au large de la côte du Labrador.

Le groupe estime que le CRSNG ne peut investir de fortes sommes d'argent dans le programme des subventions stratégiques pour la recherche marine sans tenir compte du temps de navire pouvant être mis à la disposition de ce programme. Il a recommandé que le CRSNG exerce des pressions pour que soit mis sur pied un programme de construction accélérée de navires de recherche, et cherche à faire officiellement partie des organismes chargés de la répartition du temps de navire.

b) Possibilités de forage profond

Les problèmes auxquels il faudra s'attaquer au moyen de forages profonds revêtent une importance scientifique vitale pour une grande partie de la collectivité géoscientifique. Aussi, le groupe a-t-il recommandé que le CRSNG seconde les efforts du Conseil canadien des sciences de la Terre et d'autres organismes, afin de négocier la participation du Canada à l'IPOD, et accepte d'assumer une part adéquate des coûts.

c) Matériel à la fine pointe de la technologie

Le matériel utilisé sur le terrain, en particulier les instruments remorqués dans l'eau ou laissés sur les fonds marins, coûte cher et réclame beaucoup d'entretien; en outre, il se perd ou s'endommage facilement, et le chercheur n'y est habituellement pour rien. Or, la crainte de perdre de l'équipement est un obstacle quand on a affaire à une science motivée par la curiosité.

Les scientifiques universitaires ne peuvent pratiquer leurs sciences s'ils n'ont pas accès à du matériel coûteux: sonde sismique multicanaux, sonde remorquée en eaux profondes, faisceau marin (seabeam), submersible d'eaux profondes, Huntex, etc. Cependant, les universités ne peuvent utiliser ces instruments pendant plus de 10 ou 20 % de l'année, et les coûts d'entretien et d'aide technique sont

très élevés. Les organismes du gouvernement et l'industrie ont également besoin de cet équipement. Le groupe a donc recommandé que le CRNSG s'entende avec des organismes gouvernementaux pour payer une partie du coût de l'équipement de mer le plus onéreux (dont le coût dépasse 100 000 \$), en échange de quoi les universités pourraient utiliser cet équipement en priorité pendant une partie de l'année.

Le groupe a aussi recommandé que le CRNSG adopte la politique du DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft), en remplaçant automatiquement et immédiatement le matériel financé par le CRNSG qui est perdu ou endommagé sur le terrain (en prévoyant des exceptions pour le matériel perdu par négligence grave ou pour l'équipement de plus de 1 million de dollars).

d) Ressources humaines

Le matériel devient de plus en plus perfectionné, produit de plus en plus de données et fonctionne en milieu difficile. La mise au point, l'utilisation et l'entretien de cet équipement réclament des techniciens hautement qualifiés. Or, l'aide accordée par les universités en faveur des techniciens en recherche a toujours été très mince et diminue constamment. Les subventions d'exploitation sont trop faibles pour payer les services de techniciens et n'offrent aucune sécurité d'emploi à des gens pourtant très qualifiés. Si l'on décide de financer l'achat d'équipement, il faut également consacrer des fonds à l'embauche des techniciens qui en assureront l'entretien et l'exploitation.

Il importe de maintenir ou d'augmenter le nombre de spécialistes des sciences de la Terre en milieu marin au sein des universités. Pour ce faire, on devra peut-être accorder des salaires et des avantages sociaux compétitifs aux étudiants de niveau post-doctorat, aux chercheurs et même aux enseignants à temps plein. Le Canada et les universités canadiennes ne produisent pas suffisamment de spécialistes des sciences marines, et sont incapables d'obtenir les services de beaucoup de gens qualifiés sur le marché international, parce que le temps de navire et les crédits consentis en faveur de la recherche ne sont pas compétitifs.

Addenda de l'éditeur

Outre le rapport du sous-groupe des sciences de la Terre en milieu marin, M. W.S. Fyfe a présenté au Conseil canadien des sciences de la Terre, en mars 1981, un compte

rendu de l'ensemble de la conférence. En voici des extraits susceptibles d'intéresser les spécialistes du domaine géoscientifique marin:

"La majorité s'est dit d'accord pour faire progresser l'étude de la marge continentale, soit en participant au Programme international des forages océaniques (IPOD) et au Programme de forage des marges océaniques (OMDP), soit en construisant des navires pouvant être utilisés dans les eaux infestées de glace. Il a également été convenu que le CRNSG et les universités auraient besoin de la collaboration de toute la collectivité géoscientifique pour le financement de ces projets et que le Conseil canadien des sciences de la Terre devait faire les premiers pas.

On a proposé de financer la construction d'un navire de forage en haute mer pouvant naviguer à travers les glaces. Ce bâtiment serait très coûteux, mais s'avérerait particulièrement utile au Canada, dont les eaux côtières sont en grande partie infestées de glace. Il serait un bon complément aux navires de forage américains et pourrait être utilisé comme outil de négociation pour adhérer au Ocean Margin Drilling Project (projet de forage des marges océaniques) des États-Unis. De cette façon, on pourrait espérer que plus de forages qu'il n'en est prévu actuellement seraient effectués dans le sud des marges continentales du Canada.

La majorité s'accorde pour dire qu'il faut prévoir des mécanismes pour que le matériel coûteux et les ressources spécialisées (à la fois en matériel et en main-d'oeuvre) soient mis à la disposition de toute la collectivité.

La majorité s'accorde pour dire que les niveaux de financement actuels du CRNSG (pour les sciences en général) représentent à peine la moitié des sommes d'argent requises pour entreprendre des travaux scientifiques avec productivité et efficacité. En outre, les chercheurs ont besoin de crédits spéciaux afin de se pencher sur des problèmes particuliers, comme la recherche sur le terrain dans les régions où le soutien logistique coûte très cher."

5. INDUSTRIE

Les dix documents qui suivent portent sur l'industrie. Les auteurs proviennent de diverses industries et des milieux gouvernementaux. L'industrie pétrolière y occupe une place prédominante, mais il y est également question du problème général des contrats, ainsi que de l'industrie minière et du dragage.

Le ministère des Approvisionnements et Services (MAS) forme le lien entre l'industrie et le gouvernement dans le domaine de l'attribution des contrats. Ce Ministère se fait le porte-parole de tous les autres organismes fédéraux, soit à la suite d'une demande de participation de l'industrie, soit en réponse à des propositions non sollicitées de l'industrie. Certaines relations peuvent être dégagées des chiffres du MAS pour les dix premiers mois de l'année 1980. Actuellement, les contrats de recherche et de développement accordés par le MAS représentent près de 2 millions de dollars, soit approximativement 10 % du budget fédéral alloué aux sciences de la Terre en milieu marin, à raison de 80 % par l'entremise des ministères des Pêches et des Océans et de l'Énergie, des Mines et des Ressources, 15 % du ministère de l'Environnement et 5 % du ministère de la Défense. De ces 2 millions de dollars, plus de 95 % sont allés à l'industrie et 5 % aux universités. Le MAS est donc, pour l'industrie, une source importante de crédits de recherche gouvernementaux. Au cours de la période de dix mois, le MAS a adjugé 71 contrats. Dix contrats, représentant 50 % des crédits dispersés, ont été attribués par les ministères des Pêches et des Océans, de l'Énergie, des Mines et des Ressources et de la Défense nationale en vue de la mise au point d'instruments. Ces contrats avaient une valeur moyenne de 100 000 \$. La valeur moyenne des autres contrats du MAS n'était que de 15 000 \$. Six domaines de travail ont représenté chacun entre 5 et 10 % des contrats du MAS (c'est-à-dire de 0,1 à 0,2 million de dollars); il s'agit, par ordre d'importance décroissante, de l'immersion des déchets et du dragage, de la formation, du décapage glaciaire et de la paléontologie. Parmi les 50 % de contrats du MAS qui ont été consacrés à des travaux portant sur la mise au point d'instruments (c'est-à-dire 1 million de dollars), près de 85 % ont été attribués à des projets entrepris par une seule organisation.

Il est à noter que, excepté les instruments, une part importante mais inconnue des travaux a eu lieu dans le domaine de l'analyse (par exemple en géochimie, en sédimentologie). Ces travaux servent à appuyer la recherche gouvernementale mais, il ne s'agit comme tel ni de travaux de recherche et de développement exécutés par l'industrie, ni d'un transfert de la recherche et du développement à l'industrie.

En ce qui concerne les perspectives des travaux de l'industrie au Canada, l'importance des capitaux dont aurait besoin trois des projets présentés par le Conseil canadien des ingénieurs professionnels dans le document intitulé "Engineering and Manpower Requirements, 1980-2000, For Major Energy-Related Projects in Canada" (octobre 1980) donne une certaine indication de l'ampleur des projets en mer prévus pour la prochaine décennie. On estime que le projet de centrale marémotrice de la Nouvelle-Écosse exigera une mise de fonds de l'ordre de 6,5 milliards de dollars d'ici à 1998. Hibernia aura besoin de 6 milliards de dollars d'ici à 1991, et le projet de mise en valeur de la mer de Beaufort, 30 milliards de dollars d'ici à 1998. Les promoteurs de tous ces projets devront miser beaucoup sur les spécialistes du domaine géoscientifique marin et du génie géotechnique.

Dans le premier document présenté dans cette partie du rapport, M. K.P. Appleton de la Gulf Canada Limitée trace un portrait des dépenses consacrées à l'exploration au large des côtes effectuée par l'industrie et traite du développement de l'industrie depuis 20 ans dans une douzaine de lieux d'exploration qui posent chacun des problèmes géoscientifiques particuliers. Parmi les dépenses totales chiffrées à 3 milliards de dollars, près du tiers a été dépensé dans la mer de Beaufort. Un autre tiers a été consacré à l'exploration du plateau de la Nouvelle-Écosse, des Grands Bancs et du Labrador, tandis que les dépenses engagées dans les huit autres lieux d'exploration ne représentent que le tiers des dépenses de la mer de Beaufort.

Pour avoir une idée de la faible importance des dépenses consacrées aux travaux géoscientifiques, il suffit de considérer le coût énorme des forages. Ainsi, d'après M. M.J. Keen, les dépenses totales du gouvernement fédéral dans le domaine géoscientifique marin sont de l'ordre de 16 millions de dollars par année, soit environ le quart du coût d'un seul puits foré dans la mer de Beaufort. L'industrie affecte une grande partie de ses capitaux au choix des emplacements, à la cueillette des informations détaillées et à la solution des problèmes techniques. Par contre, au moyen de budgets restreints, le gouvernement entreprend un certain nombre de travaux scientifiques de qualité susceptibles de fournir des données sur un contexte régional, tandis que les universités dominent les activités de recherche portant sur les processus marins. Tous gagneraient à intégrer le plus tôt possible les activités accomplies et l'information recueillie par chaque secteur, ce qui est trop rarement le cas.

L'exposé intitulé "L'activités géophysique au Canada" et présenté par M.M. Roth de la Geophysical Service Inc., est un compte rendu d'un membre du secteur privé sur les activités géophysiques en mer réalisées dans chaque région depuis 20 ans. Ce document met en relation les levés géophysiques avec des événements importants survenus dans le domaine des forages et avec d'autres facteurs, à partir de publications de l'industrie pétrolière. Contrairement à la plupart des autres documents de ce rapport, les noms des entrepreneurs, des navires et des exploitants ont été laissés dans le texte. Les tableaux de statistiques présentés pour chaque région permettent d'établir facilement des comparaisons entre les diverses périodes et activités. Il est à noter que l'activité a été généralement forte au cours de la première moitié des années 70 et qu'elle a chuté considérablement pendant la seconde moitié. La mer de Beaufort est la seule région où l'activité a pleinement repris. M. Roth expose ses idées sur les causes de ces tendances.

Les relations entre les sciences de la Terre en milieu marin et l'exploration et la mise en valeur pétrolières sont omniprésentes dans ce rapport. M.M. Meneley et Rayer, de la société Petro-Canada, examinent ces rapports dans un document intitulé "Le rôle des sciences de la Terre en milieu marin dans l'exploration et la mise en valeur du pétrole, de 1980 à 2000". L'augmentation des activités dans les domaines du sondage sismique et du forage a créé des besoins, non seulement en capitaux, mais aussi en personnel. Le besoin se fera sentir pour des équipes constituées de géologues, de géophysiciens, d'océanographes, de géochimistes et d'ingénieurs géotechniques pour résoudre des problèmes liés à la production, au transport, aux pipelines, aux systèmes auxiliaires et à la protection de l'environnement. Il importe de comprendre et de maîtriser les problèmes que posent la stabilité des fonds marins et la protection contre les glaces,

soit des problèmes particuliers aux eaux arctiques. MM. Meneley et Rayer établissent une étroite relation entre le développement des sciences de la Terre en milieu marin au Canada au cours des 20 prochaines années d'une part, et les besoins produits par la mise en valeur des ressources canadiennes gisant au large des côtes d'autre part.

M. D. Pasho présente deux documents étroitement liés sur les ressources minérales non pétrolières en milieu marin. Dans le document intitulé "L'exploitation minière et le dragage", M. Pasho souligne le but et l'état des activités entreprises dans les diverses régions considérées. Dans le document "Les minéraux", il expose les perspectives de la mise en valeur des ressources minérales gisant au large des côtes. Le besoin de matériaux de construction est important pour certains projets, mais les perspectives de la production d'autres ressources minérales non pétrolières semblent lentes et un peu éloignées.

Les domaines de spécialisation et de participation aux sciences de la Terre en milieu marin des entreprises et des firmes d'experts-conseils sont extrêmement diversifiés. Dans un document intitulé "L'industrie de la géophysique aérienne", M. N.R. Paterson de la firme Paterson, Grant, Watson Ltd. définit la nature de cette industrie au Canada, tant au point de vue de ses activités passées que de ses perspectives d'avenir, et parle de l'importance des progrès techniques qui ont été accomplis. Les activités réalisées jusqu'ici en milieu marin sont passées en revue région par région, d'abord pour les ressources pétrolières, puis pour les ressources métalliques. M. Paterson exprime l'avis que les outils qui ont souvent été utilisés par le passé pour des travaux d'exploration préliminaire pourraient faciliter grandement les travaux de recherche actuels compte tenu des perfectionnements qui leur sont actuellement apportés.

Dans un bref document portant le titre "Les études techniques et conceptuelles", M. J.I. Clark insiste pour que le gouvernement fédéral, dans ses travaux de recherche et développement, prévoit un système qui permettrait de conserver les données de toutes les sciences de la Terre sous une forme pouvant répondre immédiatement aux besoins géotechnologiques que l'on prévoit pour la prochaine décennie. Une des références importantes de ce document est le récent rapport du Groupe de travail sur la géotechnologie marine au Canada qui a été présenté au Comité associé à la recherche géotechnique du CNRC.

Les deux autres documents donnent un aperçu des travaux et des perspectives d'avenir des firmes d'experts-conseils et des entreprises en général. M. Clark, président de la Golder Associates (Western Canada) Ltd., résume le contenu marin d'un récent inventaire des ressources canadiennes en recherche et en développement dans le domaine du génie en milieu froid, et estime que le niveau actuel des travaux de recherche et développement canadiens est extrêmement faible. De son côté, M. R. MacDonald de Vancouver, qui traite des contrats et des services d'experts-conseils offerts sur la côte Ouest, considère que les sciences de la Terre en milieu marin au sein de l'industrie sont actuellement en déclin. MM. Clark et MacDonald insistent pour que le gouvernement fédéral renforce ses mesures d'encouragement à l'endroit de l'industrie sinon les sociétés actuelles pourraient bien éprouver de la difficulté à prendre suffisamment d'ampleur pour devenir des entrepreneurs importants dans les principaux projets prévus pour les dix prochaines années.

Les projets de génie prévus pour les deux prochaines décennies sont évalués à plus de 40 milliards de dollars et exigent un recours considérable au domaine géotechnique marin. On peut se représenter l'ampleur des nouveaux projets envisagés en comparant ce chiffre aux dépenses engagées jusqu'à maintenant dans les travaux sismiques et les forages effectués au large des côtes, évaluées à 2 milliards de dollars. Il semble que ces nouveaux projets nécessiteront un

plus grand nombre de spécialistes que l'industrie et les universités canadiennes ne sont en mesure de fournir. Il est donc important que les universités et l'industrie produisent des gens compétents dans le domaine géoscientifique marin. S'il n'y a pas suffisamment de Canadiens pour combler les postes disponibles, on peut aisément prévoir que les Canadiens auront du travail, mais qu'ils ne seront pas à même de contrôler les ressources spécialisées. Une fois les projets terminés, le Canada aura laissé échapper l'occasion d'exécuter des travaux de son cru, et d'acquérir et d'exporter ces connaissances.

M. R.W. Hutchins décrit le projet relatif aux fonds marins, qui a été lancé par la Huntex et dont il est question dans plusieurs des documents présentés dans le cadre du présent rapport. Ce projet est un exemple remarquable, et un des rares, de ce que la collaboration entre les gouvernements, les universités et l'industrie permet d'accomplir. Ce projet est basé sur des notions présentées dans une proposition non sollicitée.

L'EXAMEN DES TRAVAUX ET DES FRAIS CONSACRÉS AU FORAGE ET À LA GÉOPHYSIQUE – K.P. Appleton

Depuis le début des travaux d'exploration au large des côtes entrepris dans le monde en 1983, des réserves géantes d'hydrocarbures ont été découvertes sur les marges continentales. Actuellement, un cinquième des réserves connues se trouve dans des gisements marins, ce qui confirme le principe selon lequel l'enjeu de l'exploration des régions au large des côtes justifie l'importance des risques et des sommes d'argent que l'entreprise comporte. Étant donné la hausse des coûts des forages (un puits foré sur les Grands Bancs coûte en moyenne 35 millions de dollars en 1980), les sociétés forment maintenant des consortiums dans la plupart des cas; l'époque où les sociétés s'engageaient seules dans des entreprises de cette ampleur est probablement révolue, à la fois à cause des coûts et de la participation des gouvernements. En raison de ses droits préférentiels, Petro-Canada est en fait devenu le plus important propriétaire foncier dans les zones marines du Canada.

Comme on peut le voir aux figures 5.1 et 5.2, le domaine au large des côtes du Canada a été divisé en trois parties:

- La côte Est, qui comprend le Labrador, le Nord-Est de Terre-Neuve, les Grands Bancs, le plateau de la Nouvelle-Écosse, le golfe Saint-Laurent et la baie de Fundy.
- Le Haut-Arctique, qui comprend la mer de Beaufort, les îles de l'Arctique, la baie de Baffin et le détroit de Davis.
- Les autres régions, ce qui comprend la baie d'Hudson, la côte Ouest et les Grands Lacs.

Les figures 5.1 et 5.2 présentent, sous forme d'histogrammes, les coûts des sondages sismiques et des forages, tandis que le tableau 5.1 montre les chiffres qui ont servi à construire les histogrammes.

Côte Est

La marge continentale de l'Est du Canada couvre une vaste étendue et, si on lui adjoint la baie Baffin, atteint 5 600 km (3 500 milles) de longueur et une largeur moyenne de 100 à 400 km (250 milles). Voilà une énorme région à explorer, et les quelque 150 puits forés jusqu'ici ont à peine entamé sa surface. Pour fins de comparaison, il suffit de mentionner que 43 000 puits ont été forés au large des côtes dans le bassin de l'Ouest canadien, et quelque 800 dans la mer du Nord. La côte Est compte un puits par 5 200 km² (2 000 milles carrés) de surface de prospection, comparativement à 1 puit par 130 km² (50 milles carrés) dans la mer du Nord.

L'exploration de la côte Est a débuté en 1960 par des levés sismiques de reconnaissance basés sur des données spéculatives, ainsi que des études gravimétriques et magnétiques. Ces travaux ont été suivis de levés sismiques plus détaillés et de forages exécutés par des sociétés pétrolières sur le plateau de la Nouvelle-Écosse et sur les Grands Bancs. Les travaux entrepris par des sociétés isolées ont eu peu de succès, mais les dépenses ont augmenté progressivement pour culminer en 1973, à l'époque où la plupart des sociétés ont décidé de se retirer des régions pionnières, provoquant ainsi une baisse d'activité qui durera jusqu'en 1978 partout sauf dans les Grands Bancs et sur le plateau du Labrador. Dans ces dernières régions, l'activité s'est poursuivie jusqu'en 1977, année où un conflit de compétences entre le gouvernement fédéral et Terre-Neuve a provoqué une interruption des travaux. Les forages ont repris en 1978 après que Terre-Neuve ait eu délivré des permis provinciaux.

La société de la Couronne Petro-Canada, qui est entrée en scène en 1976, a engagé 85 millions de dollars dans des contrats internes en vue de l'exploration du plateau de la Nouvelle-Écosse (70 % de toute l'industrie). Sa participation a contribué à la reprise des activités sur le plateau de la Nouvelle-Écosse, mais le plus gros stimulant de l'industrie dans toutes les régions pionnières a été l'établissement de la

provision pour l'exploration dans les régions pionnières (super-épuisement) en 1978 par le gouvernement fédéral, qui permettait aux sociétés de passer également au compte des profits et pertes les deux tiers de tous les coûts de forage supérieurs à 5 millions de dollars. Ce stimulant fiscal a produit une brusque relance des travaux d'exploration dans les régions au large des côtes jusqu'en mars 1980, date d'expiration de la provision pour super-épuisement. La découverte du gisement de Hibernia sur les Grands Bancs de Terre-Neuve a, dans une certaine mesure, compensé la disparition du stimulant fiscal et, en 1980, des tirs sismiques ont eu lieu sur plus de 40 000 km de lignes, soit 200 % de plus que la moyenne des quatre années précédentes. Il reste à voir si les stimulants offerts actuellement et les découvertes futures réussiront à maintenir les travaux d'exploration à un niveau élevé, malgré la hausse des coûts des forages et l'absence d'une loi claire du gouvernement et d'un régime de prix pour la production des régions pionnières.

Plateau continental de la Nouvelle-Écosse

Dans l'ensemble, le plateau de la Nouvelle-Écosse s'est révélé assez décevant. Le premier levé sismique a été effectué en 1960, et le premier puits, foré en 1968. Ce puits ne coûte que 3 millions de dollars étant donné que l'on utilise l'île de Sable comme plate-forme naturelle. Entre 1969 et

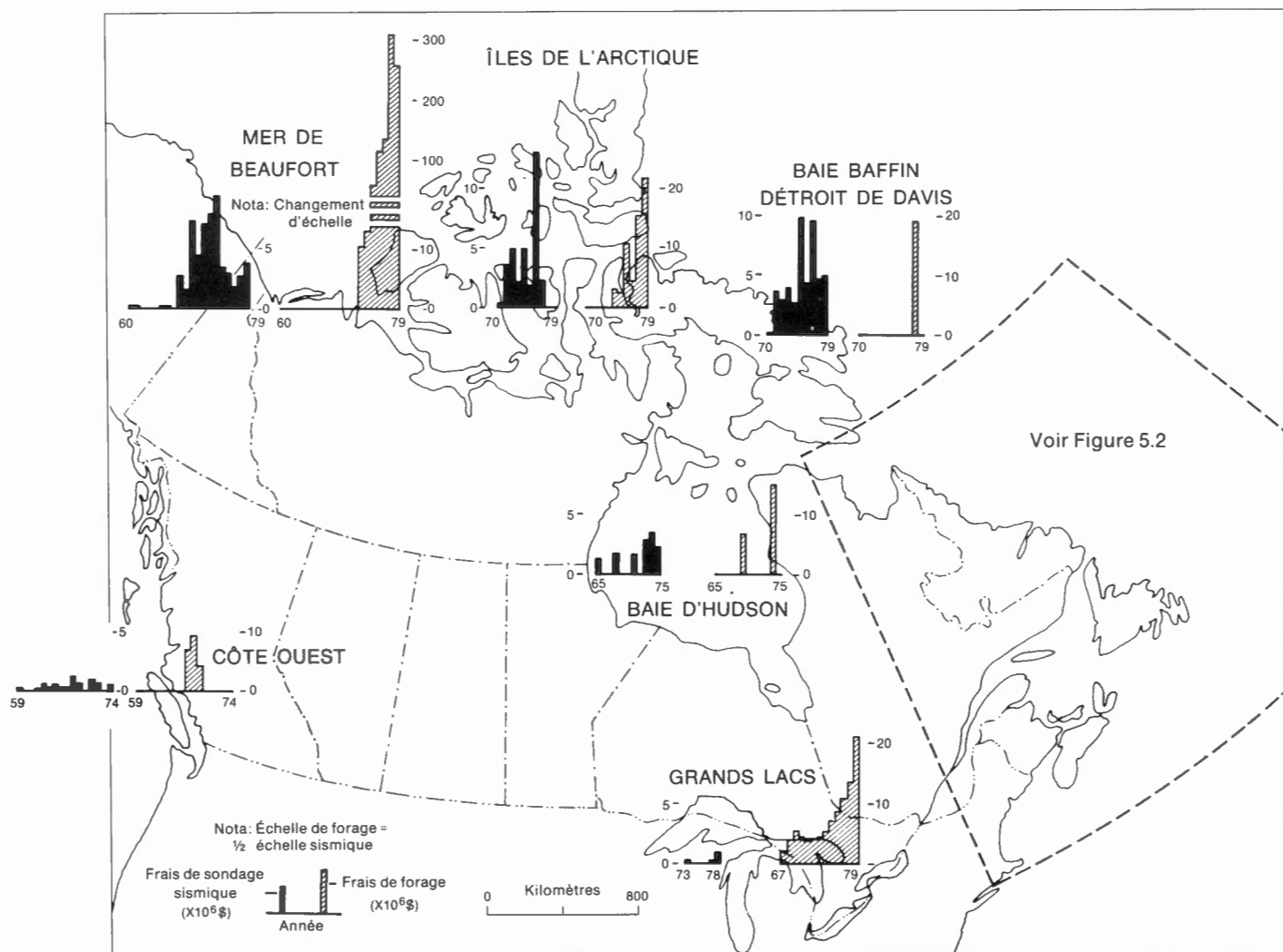


Figure 5.1. Frais de forage et d'études sismiques engagés par l'industrie pétrolière au large des côtes.

1976, une seule société a foré près de 25 puits pour des dépenses de plus de 100 millions de dollars tout le long du plateau de la Nouvelle-Écosse; elle n'a découvert que deux petites venues de gaz.

La région de l'île de Sable s'est avérée plus prometteuse. En 1971, un puits a été foré à l'extrémité ouest de l'île, et le gisement sur lequel il a débouché a fait l'objet de la plus grosse manchette jamais parue dans le *Halifax Herald* depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale. Cette découverte a toutefois été de courte durée, puisque, à l'instar des trois autres gisements de gaz et du gisement de pétrole qui allaient être découverts par la suite dans la région de l'île de Sable (ce qui a coûté près de 25 millions de dollars par année jusqu'en 1975), elle posait des problèmes quant à la taille des réservoirs et à la continuité. Des puits d'évaluation

ont été forés au cours des deux dernières années, dans la région de l'île de Sable au moyen de plates-formes auto-élevatrices et semi-submersibles, entraînant des dépenses de l'ordre de 15 millions de dollars par année. On ne sait pas encore si une décision sera prise bientôt en faveur de la mise en valeur de ces gisements. Si la décision est affirmative, les installations de production coûteront vraisemblablement plus de un milliard de dollars.

Aucune somme d'argent n'a encore été dépensée sur la partie du plateau de la Nouvelle-Écosse qui se prolonge dans la région du cône Laurentidien, en raison du moratoire imposé sur les travaux d'exploration jusqu'à ce que soit réglé le conflit de frontières avec les îles françaises St-Pierre et Miquelon.

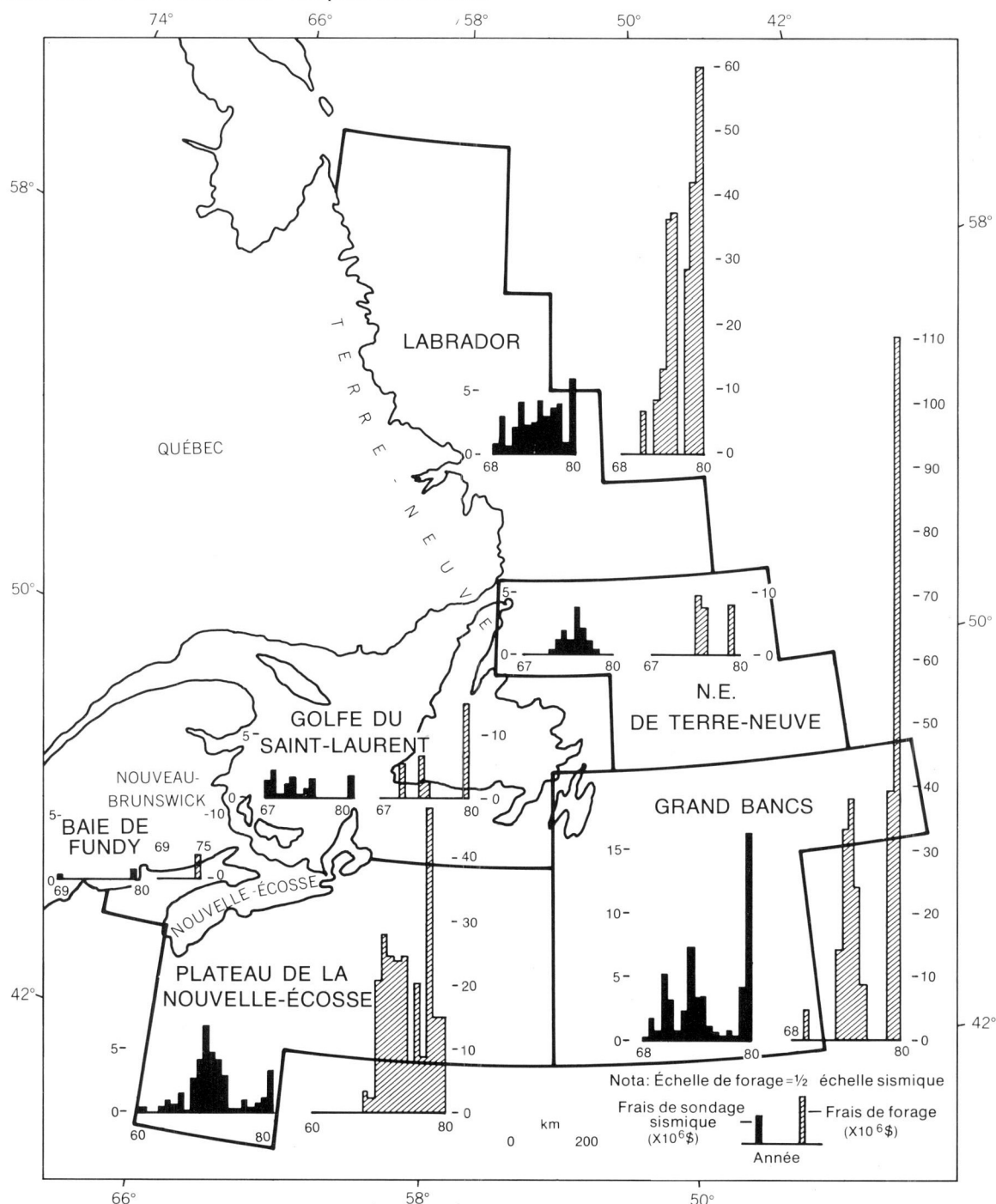


Figure 5.2. Frais de forage et d'études sismiques engagés par l'industrie pétrolière au large des côtes.

Tableau 5.1. Dépenses d'exploration au large des côtes engagées par l'industrie pétrolière (en milliers de dollars)

MER DE BEAUFORT			ÎLES DE L'ARCTIQUE		BAIE BAFFIN/ DÉTROIT DE DAVIS		GRANDS LACS				
Année	Sismique ²	Forage ¹	Sismique ⁴	Forage ³	Sismique	Forage	Année	Sismique	Forage		
1960	91	-	-	-	-	-	1967	-	2 200		
1961	6	-	-	-	-	-	1968	-	3 400		
1965	47	-	-	-	-	-	1969	-	5 200		
1966	15	-	-	-	-	-	1970	-	4 700		
1968	2 837	-	-	-	-	-	1971	-	3 600		
1969	1 656	-	-	-	-	-	1972	-	4 000		
1970	7 418	-	432	-	139	-	1973	150	4 500		
1971	4 550	-	3 693	-	3 644	-	1974	570	5 300		
1972	7 275	-	4 823	-	2 953	-	1975	-	7 200		
1973	* 7 953	10 503	2 271	-	3 961	-	1976	-	8 800		
1974	9 531	13 131	4 911	3 188	2 606	-	1977	100	11 000		
1975	3 535	59 074	1 982	2 681	9 858	-	1978	1 000	13 600		
1976	3 125	116 955	13 274	10 781	4 474	-	1979	-	21 100		
1977	1 947	133 528	2 327	4 260	9 683	-		1 820	846 000		
1978	2 729	310 215	-	15 289	4 772	-					
1979	3 824	253 630	-	21 869	4 913	19 158					
	61 539	902 086	34 713	58 068	47 013	19 158					
PLATEAU DE LA NOUVELLE-ÉCOSSE			GRANDS BANCs		N.-E. DE TERRE-NEUVE		LABRADOR				
Année	Sismique	Forage	Sismique	Forage	Sismique	Forage	Sismique	Forage			
1960	330	-	-	-	-	-	-	-			
1963	330	-	-	-	-	-	-	-			
1964	950	-	221	-	-	-	-	-			
1965	666	-	1 837	-	-	-	-	-			
1966	1 426	-	747	4 913	-	-	-	-			
1967	44	-	5 115	-	158	-	-	-			
1968	2 739	3 713	3 147	-	-	-	908	-			
1969	4 153	2 054	827	-	-	-	2 830	-			
1970	6 845	20 945	2 340	-	-	-	747	-			
1971	4 673	28 052	7 412	14 153	338	-	2 114	6 524			
1972	4 162	24 552	3 331	33 211	1 201	-	4 060	-			
1973	2 980	23 838	3 549	38 025	2 022	-	2 186	8 405			
1974	393	24 916	1 108	23 931	1 140	9 515	2 421	13 167			
1975	298	7 593	528	8 464	3 839	7 312	4 136	36 292			
1976	979	20 346	268	-	2 174	-	2 913	37 394			
1977	414	8 838	610	-	1 209	-	3 653	-			
1978	799	47 909	432	-	450	-	3 880	28 643			
1979	1 141	15 000	4 150	39 000	50	8 000	944	42 000			
1980	3 310	15 000	16 250	110 000	96	-	5 850	60 000			
	36 632	242 753	51 862	271 697	12 678	24 827	36 642	232 425			
CÔTE OUEST			GOLFE SAINT-LAURENT		BAIE DE FUNDY		BAIE D'HUDSON				
Année	Sismique	Forage	Année	Sismique	Forage	Année	Sismique	Forage	Année	Sismique	Forage
1959	192	-	1967	1 437	-	1969	291	-	1965	1 335	-
1962	41	-	1968	2 290	-	1975	-	3 600	1968	1 881	-
1963	630	-	1969	312	-	1980	700	-	1969	-	6 987 ⁵
1964	324	-	1970	1 103	5 831		991	3 600	1971	1 708	-
1965	523	-	1971	1 625	-				1973	2 905	-
1966	304	-	1972	398	-				1974	3 507	15 052
1967	272	7 024	1973	694	6 789				1975	2 369	-
1968	1 262	9 290	1974	1 519	2 568					13 705	22 039
1969	592	4 336	1980	1 800	15 000						
1971	1 084	-		11 178	30 188						
1972	701	-									
1974	571	-									
	6 496	20 650									

¹Comprend les puits forés sur des îles artificielles et au large des côtes
²Comprend les programmes de géologie et de recherche
³Puits sur îles de glace seulement
⁴Sismique marine seulement
⁵Essais stratigraphiques à terre

Grands Bancs et Nord-Est de Terre-Neuve

Les travaux d'exploration dans le sud des Grands Bancs ont débuté en 1964. Un puits a été foré en 1966 au coût de 5 millions de dollars, puis, après 25 tentatives infructueuses jusqu'en 1974, l'exploration a été interrompue. Au nord des Grands Bancs et dans le Nord-Est de Terre-Neuve, les travaux ont presque suivi la même voie. Les forages ont débuté en 1972 mais ont été arrêtés après 11 tentatives infructueuses qui ont coûté plus de 100 millions de dollars. En 1979, un consortium de quatre sociétés de Petro-Canada (qui détenait un intérêt en vertu de ses droits préférentiels) ont foré le puits P-15 qui allait aboutir à la découverte du gisement Hibernia. Cette découverte de taille a modifié radicalement l'activité dans la région; les dépenses engagées dans des levés sismiques se sont chiffrées à 16 millions de dollars en 1980 uniquement, dont 5 millions de dollars pour l'établissement d'un levé de grille à trois dimensions, et les forages réalisés cette année-là à l'aide de trois plates-formes semi-submersibles ont entraîné des dépenses de plus de 100 millions de dollars. Chaque puits coûte actuellement entre 30 et 50 millions de dollars.

Plateau continental du Labrador

Sur le plateau continental du Labrador, le premier puits a été foré en 1971, près de 4 ans après le premier levé sismique. En 1977, après le quinzième puits, les incertitudes engendrées par le conflit de compétences qui opposait Terre-Neuve et le gouvernement fédéral ont provoqué une interruption des travaux; ceux-ci ont repris en 1978, et Petro-Canada a joint les rangs des exploitants en 1979.

Le plateau du Labrador est peut-être le milieu où les travaux d'exploration sont le plus difficile à réaliser en raison du fait que la campagne de forage ne dure en moyenne que 90 jours. Jusqu'à maintenant, on y a foré cinq puits de découverte non commerciaux, ce qui indique que la région possède un bon potentiel en hydrocarbures. Les dépenses de l'industrie ont dépassé 36 millions de dollars en levés sismiques et 230 millions de dollars en forages jusqu'à maintenant; il semble y avoir un léger ralentissement dans les travaux qui ont pour but de démontrer que cette région est une importante province gazière et pétrolière. Les puits ont coûté entre 15 et 25 millions de dollars chacun; on prévoit que ces coûts atteindront bientôt 25 à 35 millions de dollars, en raison de la hausse des tarifs des installations de forage et de l'augmentation de la profondeur des gisements d'intérêt. On emploie des navires de forage à positionnement dynamique, à cause de la tendance à la dérive des icebergs de la région. Ce dernier facteur contribuera à élever le coût de production des hydrocarbures qui gisent dans l'"allée des icebergs", autre nom donné au plateau du Labrador.

Golfe Saint-Laurent

Les travaux d'exploration dans cette région ont été faibles depuis 1967; on a dépensé 11 millions de dollars en levés sismiques et foré sans succès sept puits au coût de 30 millions de dollars. Parmi ces 30 millions de dollars, la moitié a été dépensée en 1980 pour le forage d'un seul puits. Il est intéressant de noter que, à part un puits au large de Terre-Neuve, ce sont les seuls puits de la côte Est dont Petro-Canada n'a pas participé au forage en 1980.

Baie de Fundy

À part un levé sismique réalisé en 1969 au coût de 291 000 \$, cette région n'a pas suscité beaucoup d'intérêt. Un puits a été foré en 1975 à un coût de 3,6 millions de dollars, mais les résultats obtenus n'étaient pas assez encourageants pour justifier la poursuite des forages. Plus récemment, toutefois, un levé sismique d'environ 1 000 km a été réalisé

en 1980 à un coût supérieur à 700 000 \$, ce qui laisse peut-être présager une reprise des travaux d'exploration dans la baie.

Haut-Arctique

Baie Baffin et détroit de Davis

Plus de 47 millions de dollars ont été dépensés en travaux d'exploration géophysique, mais seulement deux puits ont été forés dans cette région. Un seul puits a débouché sur un gisement d'hydrocarbures et, même si 19 millions de dollars ont été dépensés en forages en 1979, il a fallu investir 45 millions de dollars de plus pour atteindre la profondeur totale projetée en 1980. L'exploration de cette région s'effectue lentement, non pas à cause d'un manque de potentiel, mais plutôt à cause de problèmes de matériel et d'environnement. L'industrie effectue actuellement des études environnementales de 13 millions de dollars au nord de la baie Baffin.

Jusqu'à la récente découverte réalisée du côté canadien du détroit de Davis, on avait foré en vain cinq puits du côté du Groenland.

Îles de l'Arctique

À la fin des années 60 et au début des années 70, les travaux d'exploration étaient assez faibles dans cette région; puis, la création du Arctic Island Offshore Group (Groupe de l'exploration marine des îles de l'Arctique) a provoqué une relance des activités, les levés sismiques (à la fois sur glace et en mer) ayant passé d'une moyenne actuelle de moins de 1 500 km qu'ils étaient en 1974 à plus de 8 000 km en 1976, et les dépenses maximales atteignant 13 millions de dollars au cours de cette dernière année. Depuis, le nouveau Arctic Island Exploration Group (Groupe de l'exploration des îles de l'Arctique) a retenu les services d'une ou de deux équipes chaque année pour exécuter une moyenne annuelle de 1 500 km de levés sismiques dans des zones d'intérêt précises.

De toutes les régions pionnières, les passages inter-insulaires sont celles où les coûts de forage sont les moins élevés, puisqu'il est possible d'utiliser sur la glace les techniques employées sur terre en leur ajoutant des obturateurs anti-éruption sous-marins. Entre 1974 et 1979, l'industrie a investi 58 millions de dollars pour forer quelque 13 puits sur la glace. Trois autres puits doivent être forés en 1980; la profondeur totale du forage sera de 5,5 km (en regard de 7 km pour les trois puits forés en 1979). Les sociétés membres du Arctic Island Exploration Group affectent actuellement pas moins de 10 % de leurs budgets à des levés sismiques, le reste étant dépensé en travaux de forage et d'interprétation.

Mer de Beaufort

Après les levés magnétiques, gravimétriques et sismiques de nature préliminaire réalisés au début et au milieu des années 60, des levés sismiques plus détaillés ont été exécutés à la fin des années 60, suivis de travaux de forage sur des îles artificielles dans des zones peu profondes de la mer de Beaufort, mais des navires de forage sont quand même utilisés dans ces eaux depuis le milieu des années 70. Plus de 30 puits ont été forés jusqu'à maintenant, la moitié sur des navires de forage et l'autre moitié à partir d'îles artificielles, et ont produit des résultats encourageants.

La mer de Beaufort est sans contredit la région pionnière où les forages coûtent le plus cher, absorbant entre 40 et 100 % des budgets des sociétés participantes. Le coût moyen d'un puits foré sur un navire est d'environ 60 millions de dollars (ce qui dépasse l'ensemble du budget réservé par la plupart des sociétés pétrolières pour l'Ouest canadien) et,

jusqu'à maintenant, plus de 1 milliard de dollars ont été dépensés en travaux de forage, et près de 70 millions de dollars en levés sismiques.

Autres régions

Côte Ouest

Sur la côte Ouest, on s'est surtout intéressé au bassin Reine-Charlotte, entre les îles Reine-Charlotte et le continent, et au bassin Tofino situé juste à l'ouest de l'île Vancouver. Entre 1959 et 1974, des levés magnétiques, gravimétriques et sismiques (par réflexion et réfraction) ont été exécutés au coût de 6,5 millions de dollars. L'intérêt a diminué après le forage de 14 puits par une seule société dans les deux bassins entre mai 1967 et mai 1969, à un coût de 20 millions de dollars. La société a découvert des venues de pétrole et de gaz, mais aucune accumulation d'importance commerciale.

Baie d'Hudson

Le premier levé sismique a eu lieu en 1965; ses résultats, comme ceux d'autres levés gravimétriques et magnétiques, ont encouragé le forage de puits d'essai stratigraphique sur la rive sud-ouest de la baie. Cinq puits ont alors été forés en 1965, au coût de 7 millions de dollars. L'unique venue de pétrole et de gaz et la similitude générale de ce bassin avec le bassin Michigan ont suscité des réactions enthousiastes, même si l'on admettait qu'il manquait de pièges structuraux et que les réserves devaient être plus importantes que celles du bassin Michigan pour justifier une production au large des côtes.

Entre 1971 et 1974, un consortium de six sociétés pétrolières connu sous le nom de "Hudson's Bay Group" (Groupe de la baie d'Hudson), a foré trois puits dans la baie. En 1971, des problèmes se sont posés au premier puits en raison du mauvais temps (le climat de la région est semblable à celui du plateau du Labrador), de sorte que les entreprises ont dû utiliser un semi-submersible spécialement conçu pour les deux autres puits en 1974. Les résultats malheureux de ces forages ont obligé ce groupe à abandonner la zone après y avoir investi plus de 20 millions de dollars, dont 15 millions en forages.

En 1980, à la demande d'une société pétrolière, le gouvernement a mis en location quatre parcelles de plus de 7 millions d'hectares chacune, mais n'a reçu aucune offre. Beaucoup de sociétés estiment que les réserves seraient trop faibles pour qu'une production en mer soit économiquement viable, même si les pipelines déjà en place et l'absence d'icebergs confèrent à cette région un avantage par rapport au plateau du Labrador. De plus, de nombreuses entreprises jugent excessive la condition du gouvernement selon laquelle la société doit s'engager à investir plus de 60 millions de dollars pendant cinq ans et à forer au moins deux puits. Il est intéressant de souligner que la mise en production d'un gisement de la baie d'Hudson pourrait bien engendrer un conflit de compétences entre le Manitoba, l'Ontario et le Québec.

Grands Lacs

Dans la région des Grands Lacs, l'exploration et la production se limitent presque exclusivement au lac Érié. Plus d'un million d'hectares, soit la majeure partie des eaux canadiennes du lac, font l'objet de permis et de concessions. Bien que l'on y trouve une dizaine d'exploitants qui utilisent à la fois des plate-formes flottantes et des plate-formes auto-élévatrices, seulement deux sociétés se partagent la plupart des droits consenties par le ministère ontarien des Ressources naturelles en vertu de licences ou de concessions et, pourtant, ni l'une ni l'autre ne pourrait être considérée comme une grande société pétrolière.

Les travaux de forage dans le lac Érié ont commencé il y a une trentaine d'années; dès 1955, plus de 50 puits avaient été forés. Le tableau 5.1 et la figure 5.1 illustrent des activités qui ont eu lieu depuis 1967; cette année-là, il y avait déjà 500 puits dans le lac. Étant donné que les travaux d'exploration sont à un stade avancé, seulement un faible pourcentage des coûts est consacré à des levés sismiques, bien que un million de dollars aient été investis dans ce genre d'activité en 1978. Les coûts de forage ont augmenté surtout à cause de l'inflation, et le nombre de puits et de puits forés par année n'a progressé que lentement en dix ans (200 000 puits en 1979 comparativement à 100 000 puits en 1969). Étant donné que l'on ne dispose d'aucun chiffre sur les dépenses réelles, l'estimation des coûts de forage donnés dans le tableau 5.1 et dans la figure 5.1 a été réalisée à partir des chiffres valables pour 1980 (130 \$/pi et 90 \$/pi pour les plate-formes flottantes et auto-élévatrices respectivement) et actualisés au niveau de 1967. Les coûts des levés sismiques ont été calculés de la même façon; actuellement, il faut compter 850 \$/mille pour des levés sismiques et ajouter 450 \$/mille pour le traitement des données.

Actuellement, près de 1 200 puits ont été forés dans le lac Érié, la production étant surtout constituée de gaz destiné aux marchés de l'Ontario.

L'ACTIVITÉ GÉOPHYSIQUE AU CANADA – M. Roth

Nord du Canada

Introduction

L'exploration géophysique en mer dans le Nord du Canada a une histoire fascinante, qui a subi l'influence de nombreux facteurs. L'événement qui a tout déclenché est l'annonce faite le 18 février 1968, selon laquelle une importante découverte de pétrole et de gaz avait eu lieu sur le talus de l'Alaska, à la baie Prudhoe. Par la suite, la perspective d'un eldorado pétrolier a incité l'industrie à s'engager dans des travaux d'exploration majeurs qui n'ont jamais cessé depuis.

Les activités sismiques dans la région sont régies par un ensemble complexe de facteurs technologiques, environnementaux, économiques, sociaux et politiques. Il n'est malheureusement pas possible de parler en détail de ces facteurs dans le cadre de ce rapport, mais le lecteur que la chose intéresse est renvoyé à l'étude n° 34 du Conseil des sciences du Canada.

Le présent document traitera plutôt de toutes les questions que l'on peut poser au sujet des contrats de géophysique marine accordés dans le Nord. En raison de la diversité remarquable des conditions que l'on y trouve, la région nordique sera divisée en trois provinces d'exploration: la mer de Beaufort (y compris la baie de Mackenzie), l'archipel de l'Arctique et la zone englobant la baie Baffin et le détroit de Davis. Aucune mention ne sera faite des levés sismiques exécutés sur la glace ni des travaux en eaux peu profondes, même si ces activités sont comprises dans les statistiques.

Le S.S. Manhattan

Par suite de la découverte de la baie Prudhoe, la Humble Oil Company a entrepris une étude sur la faisabilité du transport pétrolier par eau. En 1969, le pétrolier **S.S. Manhattan**, navire de 150 000 tonnes à étrave renforcée, a traversé le passage du Nord-Ouest, accompagné du brise-glace **Sir John A. MacDonald** du gouvernement canadien.

De même que la baie Prudhoe avait fixé les regards de l'industrie pétrolière sur le Nord, le voyage du **Manhattan** a exercé la même fascination sur le public et le gouvernement canadiens. La Humble, qui prétendait que le passage du

Tableau 5.2. Activité géophysique (kilomètres réels de réflexion et de réfraction)

Année	Mer de Beaufort	Archipel de l'Arctique	Baie Baffin et Détroit de Davis	Côte Ouest	Lac Érie	Baie d'Hudson et détroit d'Hudson	Côte Est
1959	-	-	-	322 km	-	-	-
1960	-	-	-	113 km	-	-	1 406 km
1961	-	-	-	-	-	-	-
1962	-	-	-	420 km	-	-	-
1963	-	-	-	1 752 km	-	-	1 448 km
1964	-	-	-	2 253 km	-	-	13 497 km
1965	-	-	-	9 828 km	-	6 598 km	15 584 km
1966	-	-	-	1 458 km	-	-	9 282 km
1967	-	-	-	-	-	-	24 622 km
1968	3 970 km	-	-	4 749 km	2 594 km	5 558 km	29 611 km
1969	1 652 km	-	-	2 047 km	2 026 km	-	34 270 km
1970	3 600 km	9 903 km	-	-	-	5 483 km	45 923 km
1971	4 332 km	4 177 km	7 739 km	2 704 km	-	5 859 km	78 122 km
1972	6 625 km	6 388 km	11 835 km	2 847 km	-	-	70 394 km
1973	7 412 km	8 061 km	17 834 km	-	536 km	5 272 km	64 693 km
1974	2 776 km	6 697 km	8 167 km	959 km	1 931 km	8 853 km	33 564 km
1975	4 135 km	5 380 km	14 638 km	-	-	5 751 km	29 716 km
1976	4 515 km	2 151 km	7 879 km	-	-	-	15 671 km
1977	4 669 km	3 410 km	4 130 km	-	1 044 km	-	14 814 km
1978	5 747 km	-	6 896 km	-	-	-	13 205 km
1979	8 056 km	-	7 110 km	-	543 km	-	9 269 km
1980	10 748 (est.)	1 548 (est.)	1 502 (est.)	-	1 421 (est.)	-	30 163 (est.)

Nord-Ouest était une "mer libre", a tenté de prouver qu'il lui était possible d'effectuer le voyage sans franchir la limite des eaux territoriales de 3 milles du Canada. Malheureusement pour la société, le détroit de M'Clure n'a pas été plus hospitalier pour le **Manhattan** qu'il ne l'avait été 117 ans plus tôt pour l'**Investigator**.

L'intérêt de cet événement tient de la rapidité avec laquelle le gouvernement canadien a réagi et affirmé sa souveraineté sur les îles et les passages de l'Arctique. Le 8 avril 1970, la Loi sur la prévention de la pollution des eaux arctiques était déposée à la Chambre des Communes et adoptée à l'unanimité. En outre, la limite des eaux territoriales de 3 milles et la zone de pêche exclusive de 9 milles ont été remplacées par la revendication sans réserves d'une mer territoriale de 12 milles. Cette Loi a posé les fondements des règlements ultérieurs qui allaient limiter les zones d'exploitation, les types de source sismique et d'autres facteurs connexes.

Mer de Beaufort

Le premier levé marin de l'Arctique a été exécuté à l'été de 1960 par l'Accurate Exploration Ltd. à l'aide de petits navires de débarquement transformés et de schooners locaux. Près de 450 km de levés par année ont été effectués jusqu'en 1964 inclusivement. Cependant, le programme d'exploration n'est devenu entièrement opérationnel qu'en 1968 (tab. 5.2 et fig. 5.3), lorsque le **M V Pacific Seal** de la Digicon, le **Campeche Seal** de la Dresser Olympic et le **M V Grebe** de la Geophysical Services Incorporated (GSI) ont pris part conjointement à des travaux de réflexion sismique qui ont couvert en tout 3 970 km. L'année suivante, la Pallister et Associates (Kenting) a lancé son programme de souscription Arcticquest en utilisant le **M V Grebe** de la GSI, pendant que la Digicon est retournée dans la région à bord du **M V Pacific Seal**.

En 1970, le levé Arcticquest a été réalisé au moyen du **M V Theron**; pendant ce temps, la GSI est retournée dans la région à bord du **M V Grebe**, tandis que la Digicon et l'Olympic ont fait quelques apparitions à bord du **M V Fora d'Oro** et du **M V American Olympic** respectivement.

L'année suivante, cependant, la plupart des entreprises ont abandonné la mer de Beaufort, ne laissant que la GSI et le **M V Grebe**.

Plusieurs innovations allaient être apportées aux travaux d'exploration dans cette région. La première, survenue en 1972, a été l'arrivée dans la région du **M V GSI Mariner**, construit à Edmonton et monté à Hay River. Grâce à sa petite taille et à son faible tirant d'eau, ce navire se prêtait bien aux travaux dans la baie Mackenzie et dans la mer de Beaufort.

Une autre nouveauté apparue en 1972 a été l'utilisation, par le Pan Canadian Petroleum, d'un véhicule sur coussin d'air SNR-6 sur le bord ouest du delta du Mackenzie. Cependant, comme le véhicule devait s'arrêter à chaque tir, cette méthode n'a produit qu'une moyenne de 13 km de levés par jour, ce qui était insuffisant pour justifier la poursuite des travaux l'année suivante.

En 1973, seule la GSI faisait encore des travaux d'exploitation dans la mer de Beaufort, le **M V GSI Mariner** exécutant la majeure partie du programme. Au cours de cette campagne, la GSI a également effectué une expérience dans laquelle elle a utilisé six bateaux à réaction au large de la côte sud-est de la baie Mackenzie. Deux de ces bateaux servaient à mettre en place et à récupérer les géophones et les balises répondeuses sono-radio, pendant que les autres étaient employés pour le tir et l'enregistrement sismiques; un des bateaux était gardé en réserve au camp. Malheureusement, la force des vents de la mer de Beaufort constituait un obstacle sérieux, de sorte que seulement 480 km de levés, au lieu de 800 comme il avait prévu, ont effectivement été exécutés.

En 1974, l'Arctic Canadian Continental Shelf Exploration Services Limited, qui avait son siège à Toronto, a proposé une méthode sismique marine très particulière. En effet, cette entreprise envisageait d'utiliser le **Narwhal II**, submersible tout-électrique de 14 m de longueur et à une hélice, secondé par une équipe stationnée sur la glace. Cependant, l'importance des coûts du matériel mis en jeu et les risques auxquels s'exposait l'équipe sous-marine ont rendu

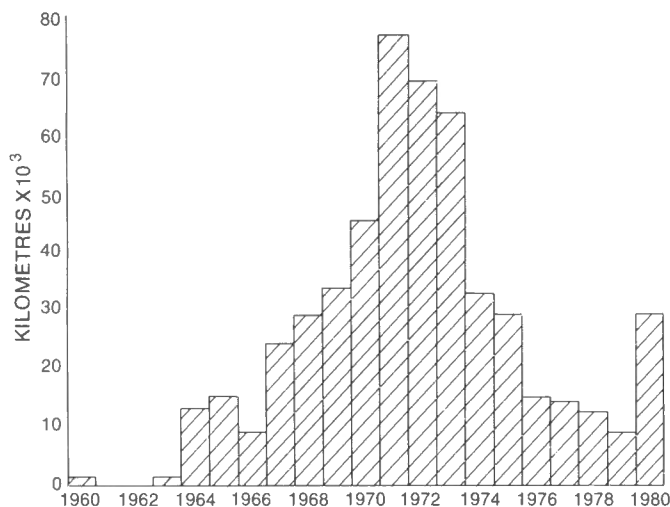


Figure 5.3. Activité géophysique, mer de Beaufort (kilomètres réels de réflexion et de réfraction), de 1968 à 1980.

cette opération irréalisable. En cette année, la plus improdutive depuis 1969, la GSI demeurait donc le seul entrepreneur actif dans la mer de Beaufort.

Depuis 1974, le kilométrage annuel a progressé constamment, en même temps que les forages ont gagné en succès. Le premier puits de découverte de pétrole et de gaz foré par la Esso en 1974, le Adgo F-28, a été suivi en 1976 par le Netserk F-40, en 1977 par le Nektoralik K-59 et l'Ukalerk C-50, en 1978 par l'Ukalerk 2C-50 et, plus récemment, par l'Issek E-27, le Tarsuit A-25 et le Kopanoar M-13.

Le **M V GSI Mariner** est demeuré le seul navire de levé sismique en eaux profondes dans la mer de Beaufort de 1974 jusqu'au mois d'août 1978, date de l'arrivée du navire **Arctic Surveyor**, loué par la Esso. En 1980, un deuxième navire de la GSI, le brise-glace de classe I **M V Edward O. Vetter**, est venu s'ajouter aux deux bateaux déjà en place. Pendant que le **M V GSI Mariner** poursuivait des travaux sismiques ordinaire en mer pour le compte de divers clients, le **M V Edward O. Vetter** exécutait le premier levé à trois dimensions dans l'Arctique.

Étant donné que l'industrie s'est donné pour but de trouver et de délimiter les "méta-structures" de la mer de Beaufort, il est certain que l'activité géophysique demeurera forte dans la région. En particulier, on prévoit une augmentation de la quantité de levés sismiques tridimensionnels dans cette région, étant donné que les entreprises essaieront de déterminer les emplacements les plus favorables au forage. Cependant, comme dans d'autres régions, les restrictions appliquées à la construction des pipelines et la réglementation des exportations de gaz naturel ont eu des effets néfastes sur les possibilités d'exploration de la mer de Beaufort.

Archipel de l'Arctique

Si la baie Prudhoe a donné l'impulsion générale aux travaux d'exploration de l'Arctique, c'est la découverte de gaz réalisée en 1969 par la Panarctic à la pointe Drake, dans l'île Melville, qui a attiré les entreprises vers l'archipel. Motivée par cette découverte, la Kenting a lancé en 1970 (tab. 5.2 et fig. 5.4) le "Polarquest", programme de souscription dans lequel elle a fait appel au **M V Theron**. Le Polarquest s'est poursuivi l'année suivante, avec en plus la participation du **M V Theron**, et la GSI a poursuivi ses levés non exclusifs au moyen du **M V Egede**. Nouvelle

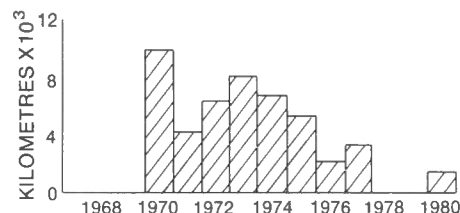


Figure 5.4. Activité géophysique, archipel de l'Arctique (kilomètres réels de réflexion et de réfraction), de 1970 à 1980.

augmentation de l'activité en 1973, lorsque la Compagnie générale de géophysique (CGG) s'est embarquée sur un navire de la GSI.

En ce qui concerne les travaux d'exploration dans les îles de l'Arctique, l'année la plus excitante a peut-être été 1974, lorsque le **M S Arctic Explorer** et le **M V Carino** de la GSI ont exécuté conjointement un levé d'envergure. Au cours de ce programme, le **M S Arctic Explorer** s'est aventuré dans le chenal encore infranchi qui se trouve entre les îles Melville et Prince-Patrick, pendant que le **M V Carino** est devenu le premier navire à traverser le passage du Nord-Ouest par le détroit de McClure. En 1974, la CGG a également exécuté un levé au moyen du **M V Orion Arctic**.

Dans les années qui ont suivi, les activités marines ont été caractérisées par une baisse de production générale, tous les exploitants, sauf la GSI, s'étant retirés de la région.

C'est en 1977 qu'ont eu lieu les derniers levés sismiques véritables dans l'archipel de l'Arctique; les limites imposées sur les explorations de gaz naturel avaient refroidi l'enthousiasme des entreprises.

Baie Baffin et détroit de Davis

L'exploration de la baie Baffin et du détroit de Davis a débuté en 1971 (tab. 5.2 et fig. 5.5) par le programme "Baffinquest" de la Kenting. Ensemble, le **M V Theta** et le **M V Theron** ont exécuté plus de 2 400 km de levés par le procédé de sismique-réflexion en prévision du programme, en plus de levés exclusifs pour le compte des sociétés Shell et Gulf. La CGC est également venue dans la région exécuter des travaux pour le compte de la société Aquitaine au moyen du **M V Orion Arctic**. La GSI y est entrée la même année à bord du **M V J E Jonsson**.

Les activités ont atteint un sommet en 1973, lorsque le **M V Hans Egede** et le **M V J E Jonsson** de la GSI se sont associés au **M V American Robray II** de la Petty-Ray, de même qu'au **M V Andromède** et au **M V Orion Arctic** de la CGC pour recueillir des données sismiques sur 17 834 km. Les travaux ont brusquement chuté en 1974, seuls le **M V Carino** et le **M S Arctic Explorer** de la GSI ainsi que le **M V Orion Arctic** de la CGC demeurant en activité. Cependant, les travaux ont repris l'année suivante, lorsque le **M V Polar Bjoern** de la CGC et le **M V Indian Seal**, qui transportait un équipage de la GSI, ont fait leurs débuts.

Depuis 1975, le kilométrage a considérablement diminué; lorsque la CGC a abandonné la région en 1976, il ne restait plus que la GSI. Par la suite, la Petty-Ray est venue se joindre à la GSI pour un programme de la Esso en 1977, puis les navires **R V Kirsten Bravo** et **R V Olga Bravo** de la Esso ont fait leur entrée en 1978 et en 1979 respectivement.

Les travaux sismiques marins sont tombés à leur plus bas niveau en 1980; le **M S Arctic Explorer** de la GSI, seul navire encore en activité, a accumulé un total d'environ 1 502 km. On s'attend à un léger regain d'activité en 1981,

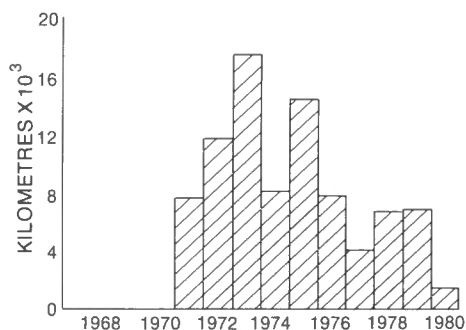


Figure 5.5. Activité géophysique, baie Baffin et détroit de Davis (kilomètres réels de réflexion et de réfraction), de 1971 à 1980.

mais il est probable qu'aucun programme d'exploration à grande échelle n'aura lieu tant que les bassins du sud n'auront pas été évalués de façon plus approfondie ou que les résultats des forages exécutés dans le détroit de Davis ou dans le détroit de Lancaster n'auront pas été suffisamment encourageants.

Ouest du Canada

Introduction

Au Canada, le premier programme d'exploration en mer d'envergure a été réalisé au large de la Colombie-Britannique en 1959. Cependant, en raison d'un moratoire imposé par le gouvernement, il ne s'est pas fait de travaux d'exploration depuis 1974. Les paragraphes qui suivent traiteront des travaux d'exploration accomplis sur la côte Ouest par le passé, de même que sur leurs perspectives d'avenir.

Côte Ouest

Au large de la Colombie-Britannique, les travaux d'exploration sismique ont commencé en 1959 (tab. 5.2, fig. 5.6), par suite de découvertes réalisées le long de la marge californienne du Pacifique. Les premiers levés ont été effectués par la Western Geophysical Company et la Geophysical Service Inc., qui travaillaient alors pour le compte de la Richfield Oil Corporation, dans le détroit de Hecate. Les travaux d'exploration marine ont pris un réel essor en 1962, lorsque la Shell a mis sur pied un vaste programme d'études sismiques.

Une fois exécutée l'interprétation des données, la Shell a procédé à un vaste programme de forage en 1967. Ce programme de deux ans a été concentré dans le détroit de Hecate et dans le détroit de Reine-Charlotte, ainsi que le long des marges ouest de l'île Vancouver. La Shell a foré en tout 14 puits, tous improductifs; la société a donc délaissé la côte Ouest au profit d'autres régions.

Depuis 1969, d'autres sociétés se sont montrées intéressées par le potentiel des régions au large des côtes de la Colombie-Britannique. En 1971 et en 1972, la Chevron a financé des levés en mer exécutés au moyen du **M V Westwind** de la GSI et du **M V Canadian Olympic** de la Dresser Olympic. La Texaco a également mis en oeuvre un programme en 1972, le long de la côte ouest des îles Reine-Charlotte, à bord du **M V Carribean Seal**. Le dernier levé marin le long de la côte Ouest a été accompli en 1974 dans le détroit de Hecate par la Gulf, au moyen de son propre navire le **M S Hollis Hedberg**.

La pauvreté des résultats obtenus par la Shell a bien sûr refroidi l'ardeur de la société, mais la suspension des travaux de la côte Ouest est surtout attribuable à la réglementation gouvernementale. Suite à la découverte réalisée à la baie

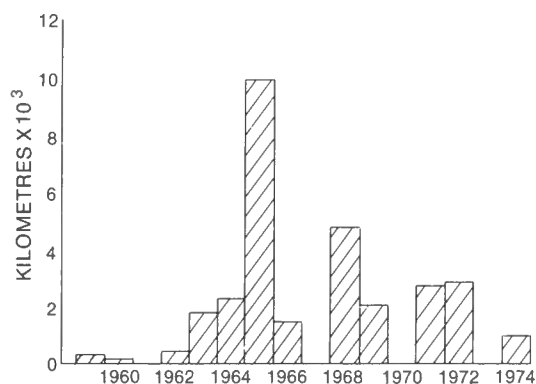


Figure 5.6. Activité géophysique, au large de la côte Ouest (kilomètres réels de réflexion et de réfraction), de 1959 à 1980.

Prudhoe et aux discussions suscitées par la possibilité de transporter les hydrocarbures par pétrolier, le gouvernement a renforcé sa réglementation environnementale. C'est ainsi qu'en 1971, le ministre fédéral des Pêches et des Forêts, Jack Davis, a interdit l'exploration sismique du détroit de Géorgie.

Par la suite, le gouvernement fédéral a imposé un moratoire plutôt vague, continuant de renouveler des permis pour une seule année à condition qu'aucun forage ne soit exécuté. On prévoit néanmoins la levée de l'interdiction dans un proche avenir, étant donné que la question du transport se règlera apparemment en faveur des navires pétroliers.

Canada central

Introduction

Aux fins du présent rapport, les régions marines du Canada central sont divisées en deux parties: 1) les Grands Lacs et 2) la vaste étendue qui englobe la baie James, la baie d'Hudson et le détroit d'Hudson. En vertu de l'Accord relatif aux eaux des Grands Lacs, les travaux d'exploration dans la première région ne sont autorisés que dans le lac Érié. Jusqu'à présent, la recherche marine dans la seconde région s'est effectuée surtout dans la baie d'Hudson, quelques travaux ayant aussi été réalisés dans le détroit du même nom.

Grands Lacs

Si le premier puits sous-marin de l'Amérique du Nord a été foré dans le lac Érié en 1913, ce n'est qu'en 1968 (tab. 5.2, fig. 5.7) qu'ont commencé des travaux d'exploration sismique en mer à grande échelle. Le puits Atlas Lake Erie No. 1 et d'autres forages fructueux réalisés en 1967 ont donné l'impulsion voulue aux travaux marins en Ontario. Pendant la première année des travaux, un levé a été exécuté par Geoprospectors Inc. pour le compte de l'Amerada Petroleum Corporation; la Geophysical Service Inc. a de son côté utilisé son **M V Eugene McDermott** pour le compte de la Shell Canada Limitée et de la Pan American Petroleum Corporation.

Au cours des années qui ont suivi, des levés ont été financés par la Consumers' Gas Company de Toronto, l'Anschutz (Canada) Exploration Limited de Calgary et la Canadian Superior. Ont participé à ces travaux, les entreprises Kenting Exploration Services, Petty Ray Geophysical et Geophysical Service Inc. De façon générale, on a utilisé un genre de barge locale, comme dans le cas des travaux effectués par la GSI en 1980 (R & L No. 1).

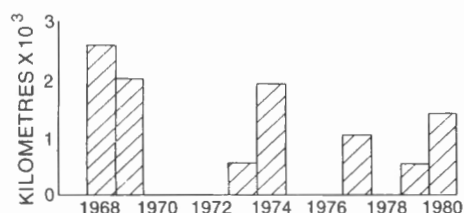


Figure 5.7. Activité géophysique, lac Érié (kilomètres réels de réflexion et de réfraction), de 1968 à 1980.

On ne prévoit pas de changement radical dans les activités qui auront lieu dans le lac Érié. Cependant, l'intérêt géologique des lacs Ste-Claire et Huron et le dossier favorable du lac Érié en ce qui a trait aux possibilités de pollution plaident probablement en faveur de l'adoption d'une loi autorisant une expansion limitée des travaux d'exploration au large des côtes.

Baie et détroit d'Hudson

Les travaux ont commencé dans cette région en 1965 (tab. 5.2, fig. 5.8), lorsque la Richfield Oil a engagé la GSI pour exécuter un levé sismique dans la baie d'Hudson. En 1968, puis à nouveau en 1970, l'Arco et l'Aquitaine ont financé conjointement un vaste programme par les procédés de sismique-réflexion et de sismique-réfraction dont l'exécution a été confiée à la CGG. En 1971, la société française est revenue exécuter des levés par réflexion et par réfraction pour plusieurs clients différents.

En 1972, il ne s'est fait aucun levé sismique en mer. Cependant, l'année 1973 a été marquée par l'arrivée de la Kenting dans la région à bord du **M V Thorarinn**. Les travaux dans cette région ont atteint un sommet au cours de la campagne de 1974, lorsque des travaux sismiques par réflexion et par réfraction ont été exécutés sur une longueur totale de 8 853 m par l'**Orion Arctic** de la CGG, le **M V Thorarinn** de la Kenting et le **M V Hans Egede** de la GSI. C'est également au cours de cette année-là que la société Aquitaine a accompli les premiers travaux de forage dans la région, en forant le puits Narwhal à bord d'un navire provenant de la Louisiane. La glace et la tempête ont mis fin aux travaux prématurément, et le trou de 517 pieds, non bouché, a été abandonné.

L'année suivante, l'Aquitaine est retournée dans la région à bord du navire de forage **Pentagon P-82** et a foré les puits Hudson Walrus et Polar Bear jusqu'au socle. Les résultats très décevants de ces forages ont eu pour effet de décourager la poursuite des travaux dans la région. Le dernier levé sismique y a été effectué en 1975 par le **M V Carino** de la GSI, pour le compte de la Mobil.

La baie d'Hudson a récemment été le point de mire, lorsque la société Chevron a demandé que soient mis en vente les 30,6 millions d'hectares du territoire. Aucune offre n'a été soumise au cours de la vente du 17 novembre 1980, mais il paraît qu'une société canadienne formule actuellement une offre qu'elle compte soumettre au ministre de l'Énergie, des Mines et des Ressources. La société d'exploration s'engagerait à accomplir près de 4 500 m de levés sismiques en trois ans, une étude environnementale au cours de la quatrième année et le forage d'au moins deux puits pendant la cinquième.

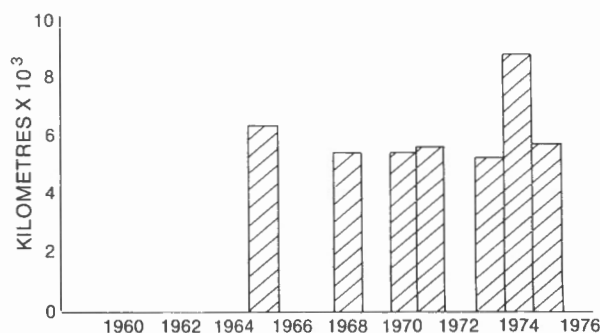


Figure 5.8. Activité géophysique, baie d'Hudson et détroit d'Hudson (kilomètres réels de réflexion et de réfraction), de 1965 à 1980.

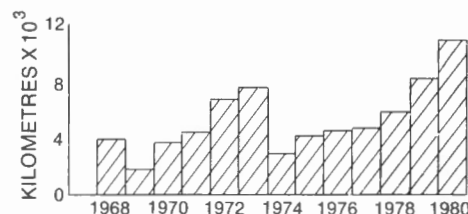


Figure 5.9. Activité géophysique, au large de la côte Est (kilomètres réels de réflexion et de réfraction), de 1960 à 1980.

Est du Canada

Introduction

La côte Est est sans contredit la région du Canada où les travaux d'exploration sismique en mer sont les plus intensifs. Depuis la première campagne de 1960, l'activité n'a cessé de s'accroître, jusqu'en 1971 où elle a atteint un sommet de 80 000 km de levés. Au cours des années qui ont suivi, le kilométrage obtenu a diminué progressivement, atteignant son plus faible niveau en 1979, soit moins de 10 000 km; l'activité a cependant repris en 1980, plus de 30 000 km de levés ayant été exécutés. Les paragraphes qui suivent porteront sur l'évolution des travaux d'exploration sismique en mer ainsi que les résultats des forages au cours des derniers 20 ans.

Côte Est

L'exploration sismique en mer le long de la côte Est du Canada a commencé en 1960 (tab. 5.2, fig. 5.9) par des travaux sismiques par réflexion et par réfraction exécutés par la GSI pour le compte de la société Mobil. Les navires **Minna** et **Titus** ont été employés pour le tir et l'enregistrement respectivement, dans le cadre d'un programme de 1 406 km mis en oeuvre dans la région de l'île de Sable. Après une accalmie de deux ans, l'exploration sismique a repris en 1963, lorsque la Shell a amorcé son vaste programme au large de la Nouvelle-Écosse. La GSI s'est servie du **North Star VI** pour l'enregistrement et du **Minna** pour le tir. L'année 1964 a été marquée par une importante intensification des travaux géophysiques en mer, le GSI ayant réalisé un vaste programme pour la société Shell, en utilisant le **North Star VI** pour l'enregistrement ainsi que le **Lady Johnson** et le **Polar Star** pour le tir. L'année suivante, la GSI a augmenté le kilométrage en complétant le programme de la Shell et en exécutant d'autres levés pour le compte de la Humble Oil et de la Texaco.

L'activité a chuté légèrement en 1966; la GSI exécutait d'autres travaux pour divers clients, pendant que la Mobil effectuait un levé au moyen de son propre navire le **M V Pegasus**. Reprise importante des travaux géophysiques en mer en 1967, lorsque le **Smitloyd II** et le **Devora** de la Western Geophysical ont participé à un important programme d'exploration de la Pan American et de l'Imperial. Au cours de cette même campagne, la société française CGG a fait ses débuts dans la région, en exécutant un levé pour le compte de la Petrosar. C'est également cette année-là que la Mobil a foré le premier puits de découverte de gaz naturel sous-marin au Canada, le C-67 de l'île de Sable, suscitant ainsi un regain d'intérêt pour la côte Est.

L'essor des travaux d'exploration en mer s'est poursuivi en 1968, la GSI ayant repris ses programmes de tir sismique pour le compte de la Pan American et de la Shell. La CGG est également retournée dans la région afin d'exécuter des tirs sismiques pour la société Elf-Oil, pendant que la Mobil exécutait un vaste levé dans la région de l'île de Sable, de Banquereau et des Grands Bancs à bord de son **Fred H. Moore**. En 1969, les activités ont à nouveau dépassé celles de l'année précédente, avec plus de 34 000 km de levés. La Mobil a continué d'utiliser son propre bateau, la société Shell a engagé par contrat la Teledyne Exploration Co., la Catalina Exploration and Development a mis en oeuvre un programme de participation et la CGG a effectué des levés pour divers clients. Les forages ont produit des résultats positifs en 1969, lorsque la Shell a foré son premier puits sur le plateau de la Nouvelle-Écosse, l'Onondaga E-84, et découvert un gisement de gaz naturel qui n'offrait toutefois aucune possibilité commerciale.

Les travaux sur la côte Est ont continué de prendre de l'ampleur en 1970; des programmes ont été financés par la Shell, la Mobil, l'Amoco, l'Imperial, la Texaco, la Murphy, la Husky, la Tenneco, l'Elf, la Chevron et d'autres, et exécutés par la CGG, la Western, la Delta et la Catalina Exploration. Même s'il n'y a pas eu de découverte majeure de pétrole et de gaz en 1970, les travaux ont pris une ampleur considérable en 1971 et près de 80 000 m de levés ont été réalisés. De nombreux clients ont participé aux levés effectués par trois navires de la GSI, deux de la CGG et de la Delta et un seul de l'Olympic et de la Western. De plus, la GSI et la Delta ont, au cours de cette même campagne, mené à bien un vaste levé de participation qui a permis de recueillir des données sur plus de 16 000 km. Les forages ont aussi produit un résultat important en 1971, lorsque le puits Mobil Tetco Sable Island E-48 a fait naître l'espoir de découvrir des réserves commerciales sous le plateau continental de la Nouvelle-Écosse.

Malgré la baisse d'activité en 1972, le nombre total de kilomètres obtenus est demeuré élevé. Les grandes entreprises étaient présentes une fois de plus; la CGG, la Western et la Seiscan-Delta employaient deux navires, tandis que la GSI, la Digicon, la Delta et la Petty-Ray n'en utilisaient qu'un seul. On note également la présence cette année-là d'un navire d'une société, le **R V Niobe** de la Shell, qui a été affecté à un levé. Les forages ont alors produit des résultats encourageants: le puits Shell Primrose N-50 a permis d'identifier d'épaisses zones productives, pendant que la Mobil découvrait le premier gisement commercial du plateau de la Nouvelle-Écosse, grâce à son puits Tetco Thebaud P-84. Ce n'était pas suffisant, toutefois, pour compenser les mauvais résultats obtenus à la suite des travaux d'exploration effectués au large de la côte Est. C'est pourquoi l'exploration sismique en mer a légèrement diminué en 1973, même si le kilométrage obtenu est demeuré élevé. Au cours de cette campagne, de nombreuses sociétés ont financé des levés, notamment l'Imperial, la Mobil, la Shell, la Texaco, la Chevron, la Gulf et l'Amoco. La Shell et la Gulf ont exécuté ces programmes à bord de leurs propres navires, tandis que la GSI, la CGG et la Kenting y ont participé à titre

d'entrepreneurs. Il n'y a eu aucune découverte majeure en 1973, si ce n'est que le puits Mobil-Gulf-Adolphus 2K-41 a laissé entrevoir la possibilité de l'existence de structures pétrolières dans la région des Grands Bancs, de même que le puits Bjarni H-81 dans le bassin du Labrador.

Les résultats plutôt décevants des forages exécutés par la Shell, la Mobil et d'autres ont fait baisser le niveau d'activité géophysique en 1974 de plus de la moitié par rapport à l'année précédente. Au cours de cette campagne, la GSI, principal entrepreneur, a utilisé le **M V J E Jonsson**, le **M S Arctic Explorer** et le **M V Carino** pour le compte de diverses sociétés. La CGG est également retournée dans la région à bord de son **M V Orion Arctic** et du **M V Gulf Seal** de la Digicon, afin d'exécuter un levé de participation sur le banc Georges pour le compte de la société Eastcan. L'unique succès de 1974 est dû au puits Mobil Tetco Texaco Citnalta I-59, qui a débouché sur un gisement de gaz non commercial, sans pouvoir toutefois dissiper le pessimisme que suscitaient de plus en plus les travaux d'exploration de la côte Est. En 1975, le niveau des activités a baissé modérément; la GSI employait alors le **M V J E Jonsson**, le **M S Arctic Explorer**, le **M V Carino** et le **M V Indian Seal**. Au cours de cette campagne, on retrouvait aussi la Digicon à bord du **M V Atlantic Seal** et du **M V Gulf Seal**, ainsi que la CGG à bord du **M V Dauphin de Cherbourg**; pendant ce temps, la Esso manœuvrait son **R V Kirsten Bravo**. Aucun forage n'a porté fruit en 1975, ce qui a fait chuter davantage les travaux géophysiques entrepris au large de la côte Est.

En 1976, l'activité a diminué de presque la moitié, seulement 16 000 km de levés ayant été exécutés, soit le plus faible niveau depuis 1966. Le **M S Arctic Explorer** et le **M V Carino** de la GSI ont été employés pour exécuter des levés pour le compte de divers clients, dont la Eastcan, la Esso et la Shell, tandis que la CGC manœuvrait son **Polar Berg** le long de la côte du Labrador. La présence du **R V Kirsten Bravo**, navire appartenant à une société, qui exécutait un programme de la société Esso est également à noter. La chute des travaux d'exploration s'est poursuivie pendant la campagne de 1977, l'augmentation du nombre de puits non commerciaux contribuant à l'érosion de la situation. Outre les navires de la GSI, on observait la présence du bateau de la société Esso. Cependant, les forages de la campagne de cette année-là n'ont pas produit des résultats plus encourageants.

En 1978, le **M S Arctic Explorer** et le **M V Carino** de la GSI, le **Polar Bjoern** de la CGG et le **M V Deep Sea Explorer** de la Petty-Ray ont été chargés de la réalisation des maigres programmes de levés. Les efforts déployés le long du plateau de la Nouvelle-Écosse ont toutefois été récompensés au cours de cette année-là par la découverte d'un abondant gisement de gaz au puits Mobil Tetco PEX Venture D-23. Les retombées de cette découverte ont toutefois été insuffisantes pour éviter une autre baisse de la production totale, qui allait chuter à 10 000 km en 1979. La GSI, laissée seule au cours de cette campagne-là, a fait appel au **M S Arctic Explorer** pour exécuter divers levés. Deux bâtiments appartenant à des sociétés ont également été mis à contribution: le **R V Olga Bravo** pour la Esso et le **M V T W Nelson** pour la Mobil. L'événement le plus important survenu dans les travaux d'exploration de la côte Est a été sans contredit la découverte de réserves commerciales de pétrole grâce au puits Hibernia P-15. Cette découverte a eu des répercussions sur toute l'industrie pétrolière, et plusieurs sociétés ont amorcé les préparatifs d'une campagne d'exploration majeure.

Pour l'industrie de la géophysique marine, 1980 a été le phénix des années, car l'optimisme engendré par la découverte du puits Hibernia a fait prendre un nouvel essor aux travaux d'exploration, succédant ainsi aux déceptions des années 70. Deux nouveautés importantes ont fait leur apparition sur la côte Est au cours de cette campagne: d'une

part, la GSI a exécuté le premier levé marin tridimensionnel au Canada et, d'autre part, ses trois navires, le **M S Arctic Explorer**, le **M V Fred J. Agnich** et le **M V Bering Seal** ont poursuivi les travaux au cours de l'hiver. À eux seuls, les navires de la GSI ont obtenu 17 890 m sur les 30 163 exécutés en 1980. La Western Geophysical a de son côté réalisé un programme de 5 112 km à l'aide du **Western Narrows**, pour le compte des sociétés Chevron et Gulf. La Geoterrex était la seule autre entreprise présente sur la côte Est en 1980; elle a recueillie 300 km de données pour la Société de développement du Cap-Breton. Deux navires appartenant à des sociétés ont également parcouru 1 928 km à l'aide du **T W Nelson** de la Mobil, tandis que l'**Olga Bravo** de la Esso parcourait 4 933 km.

Compte tenu du succès du programme de délimitation du gisement de Hibernia, on peut s'attendre que l'activité sismique au large de la côte Est du Canada continuera d'augmenter. Toutefois, comme dans le cas des autres régions marines du Canada, la réglementation des exportations d'une part et les conflits fédéraux-provinciaux d'autre part ont empêché les entreprises de mettre à profit, au moment où elles l'auraient pu, toutes les possibilités de la côte Est du Canada.

LE RÔLE DES SCIENCES DE LA TERRE EN MILIEU MARIN DANS L'EXPLORATION ET LA MISE EN VALEUR DU PÉTROLE, DE 1980 À 2000 – R. Meneley et F. Rayer

Le prolongement des frontières des travaux d'exploration dans les bassins au large des côtes du Canada a favorisé le développement des sciences de la Terre en milieu marin au cours des années 60 et 70. La découverte majeure du gisement de Hibernia ainsi que d'autres importantes découvertes d'hydrocarbures dans des puits d'exploration forés au large du Labrador, sur le plateau de la Nouvelle-Écosse, dans la mer de Beaufort et au large des îles de l'Arctique depuis cinq ans laissent présager une accélération sans précédent des travaux marins au cours des années 80 et 90. On peut affirmer sans crainte de se tromper que cette accélération des travaux s'accompagnera d'une augmentation importante des travaux géoscientifiques appliqués à l'exploration et à la production du pétrole au large des côtes au cours des 20 ans à venir. De nombreuses comparaisons ont été faites entre le niveau projeté des travaux de forage en mer au Canada et celui de la mer du Nord au cours des années qui ont suivi la première découverte importante de pétrole dans le graben Viking. Même si les permis délivrés au Canada pour des travaux au large des côtes sont moins rigoureux sur le plan des forages, le nombre de découvertes réalisées dans les bassins marins du Canada, en particulier ceux de la côte Est, engendrera une augmentation rapide des ressources financières et humaines requises pour exécuter des levés sismiques multi-canaux et des travaux de forage encore plus nombreux. Les besoins les plus pressants se feront sentir au large de la côte Est (fig. 5.10), région qui englobe le bassin de la Nouvelle-Écosse, les bassins de l'est de Terre-Neuve et le plateau du Labrador jusqu'au détroit de Davis. On prévoit que les travaux au large des côtes se poursuivront dans la mer de Beaufort et dans le bassin de Sverdrup; on s'attend aussi que des activités importantes s'amorceront au nord de la baie Baffin et du détroit de Lancaster et que les travaux reprendront dans des bassins situés au large de la côte Ouest du Canada, d'ici dix ans.

Au cours des 20 prochaines années, on mettra l'accent sur les travaux géoscientifiques marins traditionnels de même que sur le renouvellement de la géotechnologie marine. Les futurs travaux réclameront la participation d'équipes interdisciplinaires constituées de géologues, de géophysiciens, d'océanographes, de géochimistes et d'ingénieurs en géotechnique expérimentés, qui seront appelées à résoudre des problèmes de plus en plus divers, quoique interreliés, au sujet des milieux froids; ces spécialistes devront concevoir d'efficaces réseaux de production et de transport, pipelines et terminaux et faciliter les forages exploratoires dans une variété de milieux marins et à des profondeurs d'eau de plus en plus grandes. Ils doivent étendre les travaux de recherche et de développement géoscientifiques marins à la géologie du milieu marin, à la géologie et à la géotechnologie des plages, des plateaux et des talus continentaux, ainsi qu'à l'étude géophysique des fonds marins et de la croûte. Ils devront déployer des efforts considérables pour apprendre les méthodes permettant de lutter avec le plus d'efficacité contre les phénomènes de la glace, notamment les icebergs, les packs et les crêtes de pression, ainsi que les zones de contact entre la glace et la terre, et la glace et le fond marin.

Au cours des 20 prochaines années, l'industrie, les gouvernements et les universités devront collaborer à des recherches géoscientifiques marines, afin d'être en mesure de mener à bien des projets qui relèveront de domaines traditionnels et nouveaux des sciences de la Terre en milieu marin appliquées à l'exploration et à la production pétrolières. Il sera essentiel d'accroître le nombre de spécialistes en sciences de la Terre en milieu marin; cela sera rendu possible par l'importance accrue accordée au domaine géoscientifique marin dans les universités canadiennes. On s'attend aussi pour les années 80 et 90 à une

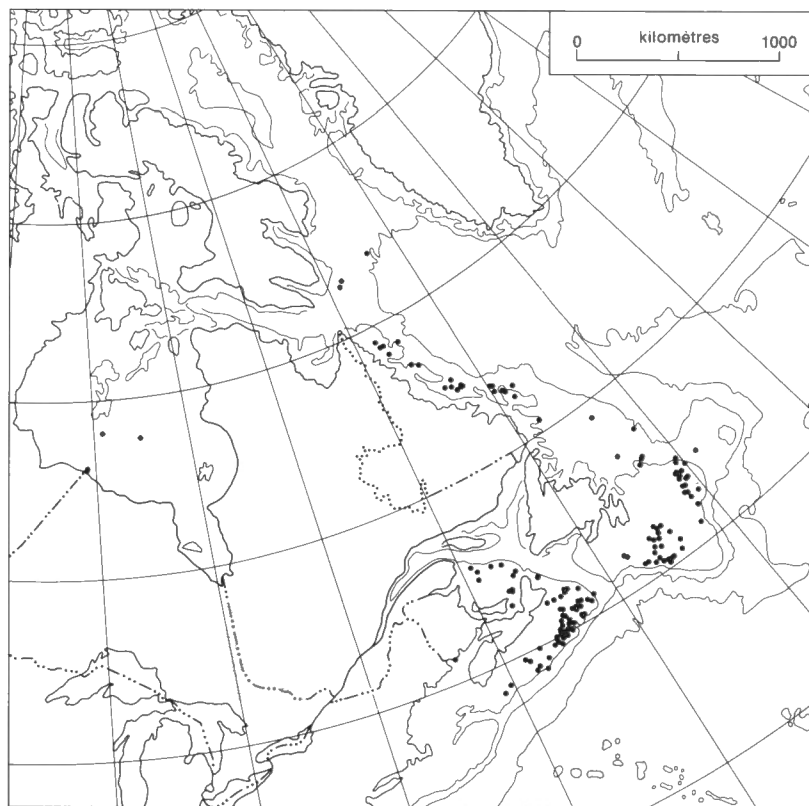


Figure 5.10. Puits forés au large de la côte Est du Canada et dans la baie d'Hudson, de 1962 à 1981.

augmentation de la recherche et du développement, qui contrastera avec le faible niveau de la recherche géoscientifique au Canada par le passé, et aussi à une augmentation de la participation des spécialistes canadiens.

D'ici les 20 prochaines années, la géotechnologie marine devrait normalement être marquée par certains progrès dans:

- a. la saisie et la synthèse des données produites par des levés géophysiques à haute définition;
- b. la mesure *in situ* des propriétés des sédiments au large des côtes;
- c. l'échantillonnage amélioré, ainsi que la mesure et l'essai en laboratoire des sédiments;
- d. la mise au point d'instruments portatifs pour la mesure des sédiments et de l'eau sur les fonds marins.

On multipliera les travaux de cartographie côtière pour établir un atlas multiparamétrique intégré qui couvrira toutes les régions côtières du Canada de façon à permettre l'amélioration de la perception régionale des processus côtiers et, ainsi, de mettre sur pied des mesures efficaces de lutte contre les déversements de pétrole, dans le double intérêt de la conservation et de la restauration de l'environnement. L'industrie et les organismes gouvernementaux s'associeront pour cartographier de façon plus systématique la géologie du milieu marin. Des travaux multidisciplinaires en sciences de la Terre du milieu marin, qui porteront sur l'océanographie physique, la géochimie, la biologie, l'écologie, la biostratigraphie, la sédimentologie et la géophysique, seront exécutés au début à l'échelon local, mais pour éventuellement être intégrés systématiquement à l'échelon régional et couvrir la majeure partie des régions côtières du Canada. Il faudra aussi mettre au point une nouvelle technologie pour observer sous l'eau et sous la glace les conditions de gel et de dégel successifs et enregistrer les variations qui surviennent au cours des divers régimes climatiques saisonniers. Il faudra mettre au point de nouvelles techniques informatiques pour améliorer le traitement et la présentation du large volume de données produites au sujet des fonds marins des plages, des avant-plages et des eaux plus profondes.

Au large de la côte Est, on assistera à une croissance importante de la géotechnologie marine pétrolière des parties profondes des plateaux continentaux. L'industrie, les gouvernements et les universités feront des recherches communes sur l'érosion glaciaire, problème essentiellement canadien. Il faudra aussi mieux comprendre la fréquence, l'âge et la durée de l'érosion glaciaire, afin de concevoir avec plus d'efficacité les installations de production au large des côtes ainsi que les terminaux et les pipelines côtiers. De nouvelles études s'imposeront en biostratigraphie et en analyse isotopique, afin de déterminer l'âge des zones d'érosion glaciaires et de démêler l'histoire complexe de ce phénomène au cours des divers stades de glaciation du Quaternaire auxquels le plateau continental a été soumis. En même temps, l'étude de la dynamique des sédiments, notamment le transport des sédiments, le remplissage sédimentaire des cavités résultant de l'érosion glaciaire et la stabilité des sédiments, recevra également beaucoup d'attention. De nouvelles techniques devront aussi voir le jour, pour observer et mesurer la dynamique des sédiments en milieu marin.

En vue d'ajouter aux connaissances sur la stabilité des plateaux et des talus continentaux, il sera nécessaire d'évaluer le comportement du socle sous l'action des glissements de terrain, du mouvement ou de la reptation des sols sur les versants, de la charge des vagues et du pergélisol. Il faudra améliorer les techniques de cartographie des fonds marins, en apportant notamment des perfectionnements à la sonde remorquée en eaux profondes et au profileur à pouvoir séparateur élevé pour sous-sols marins, afin de mieux

inventorier les conditions géologiques qui règnent sur les plateaux continentaux. On peut aussi s'attendre à une amélioration du carottier à piston et du vibro-carottier, qui seront appelés à échantillonner les fonds marins et la lithologie sous-jacente. Au cours des 20 ans à venir, on accordera beaucoup d'attention à la technologie des excavations. Il faudra observer l'échouement des icebergs et procéder à des travaux expérimentaux sur la conception des bernes, afin d'apprendre comment isoler ou protéger les terminaux et les installations de production de la glace en mouvement dans les eaux côtières peu profondes. Les techniques de levé par sonar à balayage latéral et l'interprétation des données qu'elles produisent feront l'objet de travaux additionnels, car il faudra établir des cartes mosaïques des fonds marins et de l'érosion glaciaire. Des levés répétés sur des profils, des transects et des zones choisis permettront aux géoscientifiques de mieux comprendre la morphologie changeante des milieux marins à l'intérieur des avant-plages et des zones plus profondes des plateaux continentaux, ainsi que sur les parties profondes des plateaux continentaux, sur les glacis précontinentaux et dans les bassins océaniques situés au delà des plateaux.

La recherche géophysique orientée vers l'étude des parties profondes de la croûte et vers l'établissement de profils des fonds marins à haute définition se portera de plus en plus vers les régions au large des côtes du Canada. Des études approfondies au moyen de levés gravimétriques, magnétiques, par réfraction et par réflexion à longue ligne de base permettront de mieux comprendre la géologie régionale des plateaux continentaux et des glacis précontinentaux du Canada d'une part, et les relations entre les limites entre croûte continentale et croûte océanique et la formation des hydrocarbures dans un contexte de tectonique globale d'autre part. Il faudrait encourager la collaboration entre des groupes de recherche canadiens et internationaux dans l'étude conjointe des marges de l'Atlantique et du Pacifique. La poursuite des travaux sur la modélisation thermique des marges continentales en voie d'affaissement pourrait mettre en évidence de nouveaux critères directement utilisables pour prévoir les zones de maturation thermique optimales dans des bassins océaniques particuliers et dans des types de bassins.

Les sciences de la Terre en milieu marin dans l'Arctique sont au seuil de nouvelles découvertes. Les projets internationaux en cours, Fram et Cesar, qui comportent des études géologiques, géophysiques et océanographiques sur les crêtes arctiques et polaires fourniront de nouvelles données fondamentales sur les processus de la croûte. Les résultats qui découleront de ces projets au cours des 20 prochaines années permettront aux géoscientifiques de débrouiller les régimes encore mal compris de la tectonique des plaques du nord du continent canadien, au delà de l'archipel de l'Arctique.

Les travaux géoscientifiques marins se poursuivront dans la mer de Beaufort et entre les îles de l'Arctique. La cartographie des côtes et des fonds marins progressera dans la mer de Beaufort; cependant, étant donné que les conditions sont différentes, on s'emploiera surtout à comprendre les effets du pergélisol et sa répartition sur le plateau continental. La recherche sera surtout constituée d'études qui viseront à déterminer les effets du pergélisol sur la définition des données sismiques; aussi, on peut s'attendre à une amélioration considérable de la qualité des données sismiques en milieu de pergélisol. La reptation du pergélisol, ainsi que la dynamique des sédiments ou les relations sol-sous-sol en milieu de pergélisol feront l'objet d'autres études géoscientifiques. Les chercheurs accorderont beaucoup d'attention aux effets du gaz et des hydrates de gaz peu profonds sur la stabilité des fonds marins. De plus en plus, ils s'intéresseront à l'étude de l'érosion glaciaire, en particulier à la dynamique des crêtes de pression. On parviendra ainsi à

mieux comprendre les zones géopressurisées et les conditions thermo-lithologiques qui caractérisent les couches sédimentaires des fonds marins en eaux froides et peu profondes et, de plus en plus, on procédera à des travaux expérimentaux du pergélisol différentiel en vue de stabiliser les structures remplies de terre et d'optimiser les systèmes de production sous-marins.

Les sciences de la Terre en milieu marin sur la côte Ouest du Canada gagneront en importance lorsque l'exploration pétrolière reprendra une fois le moratoire expiré. Les études géologiques, géophysiques et océanographiques effectuées en vue de la recherche et de la production de ressources s'accéléreront entre 1985 et 1990. On peut s'attendre à d'autres travaux de recherches sur le modèle de subduction-convection (tectonique des plaques), en vue de l'évaluation de zones de stockage de déchets toxiques.

D'ici dix ans, l'équipage du **Glomar Explorer**, protagoniste du Projet de forage des fonds marins de la deuxième génération, recueillera des données de plus en plus nombreuses à l'échelle mondiale, qui modifieront considérablement la compréhension actuelle de la tectonique des plaques, de la stratigraphie et de la géochimie des régimes d'eaux profondes des plateaux continentaux, des glacis précontinentaux ainsi que des bassins océaniques profonds. Parallèlement à ces améliorations qui verront le jour dans le domaine scientifique marin, des progrès spectaculaires seront réalisés en technologie des forages et en mécanique des roches, rendant possible l'exploitation des ressources à des profondeurs d'eau toujours plus grandes.

Bref, des travaux beaucoup plus nombreux auront lieu au cours des 20 prochaines années dans le domaine scientifique marin; on attachera une plus grande importance aux nouvelles techniques de saisie, d'observation et d'évaluation des données marines ainsi qu'à l'interprétation multidisciplinaire des données fournies par les sciences de la Terre en milieu marin. On s'attend à une augmentation appréciable du nombre de spécialistes canadiens et à une amélioration de la collaboration entre l'industrie, le gouvernement et les universités. Les 20 prochaines années représenteront une nouvelle ère des sciences de la Terre en milieu marin; elles produiront, dans beaucoup de domaines connexes, des résultats qui modifieront radicalement certaines notions géoscientifiques actuelles. Les travaux s'étendront à tous les milieux: des processus récents en eaux peu profondes, et sur les avant-plages, dans les zones de plateau et en eaux profondes des plateaux continentaux, aux talus continentaux, glacis précontinentaux et bassins océaniques profonds associés aux marges continentales et au delà. On peut prévoir avec certitude que les efforts se multiplieront dans ces domaines multidisciplinaires, mais l'ampleur des activités dans l'un ou l'autre domaine dépendra de l'influence que les résultats auront sur la mise en valeur des ressources marines du Canada.

L'EXPLOITATION MINIÈRE ET LE DRAGAGE – D. Pasho

Ouest du Canada

Actuellement, seule la société Rivotow Straits Ltd. exécute des travaux d'exploitation minière et de dragage de façon continue dans les régions marines au large des côtes de la Colombie-Britannique. Elle exploite une installation de dragage pour sable et gravier à Prince Rupert, où les sources terrestres sont trop éloignées pour être rentables. Toutes les concessions activement exploitées se trouvent dans un rayon de 15 km de Prince Rupert, dans des eaux intérieures généralement adjacentes à des bancs, et profondes de moins de 10 m. La société extrait annuellement près de 225 000 t de matériaux, qui servent au remblayage et à la construction de l'assiette des routes dans la région de Prince Rupert. Le sable de meilleure qualité, réservé à la construction dans

cette ville, est transporté par barge à partir des carrières que la Rivotow Straits possède à Vancouver. On prévoit que l'expansion majeure des installations portuaires fera augmenter la demande de sable et de gravier à Prince Rupert.

Canada central

En Ontario, trois entreprises sont actuellement autorisées à draguer les Grands Lacs en vertu de permis du ministère des Ressources naturelles. Ensemble, ces installations extraient annuellement près de 600 000 t de sable de remblayage et d'agrégat dont les particules sont de la dimension du sable, destinés à l'industrie de la construction. La présence de contaminants organiques et l'insuffisance du classement naturel font qu'une bonne partie du matériau ne peut servir d'agrégat. L'expansion de cette industrie est compromise par les mesures de protection des rivages, des plages et des installations de pisciculture, par l'importance des mises de fonds nécessaires à l'achat des dragues et à la piètre qualité du matériau disponible. Les chances de récupération de minéraux métalliques dans la baie d'Hudson, la baie James ou les Grands Lacs sont minces, à l'exception peut-être de l'extraction d'une veine d'argent à haute teneur au moyen d'une galerie partant de l'îlot Silver, dans le lac Supérieur.

Apparemment, les géoscientifiques de l'industrie participent peu à la recherche des ressources marines dans le Canada central.

Est du Canada

Il semble que l'exploitation des minéraux ou des agrégats sur le plateau continental de l'Est canadien soit actuellement au point mort. Cependant, on prévoit d'extraire du sable silicieux de qualité optique dans le golfe du Saint-Laurent. Certains travaux de prospection de placers d'or ont été exécutés au large de la côte sud de la Nouvelle-Écosse au cours des années 60, et une reprise des travaux d'exploitation est possible dans l'avenir.

Étant donné que les projets techniques comme l'aménagement marémoteur de la baie Fundy, la mise en valeur du gisement pétrolier de Hibernia et les installations d'entreposage des hydrocarbures ont fait augmenter la demande de matériaux de construction, la possibilité que des gisements de sable et de gravier soient exploités au large des côtes n'est pas à écarter. La Commission géologique du Canada dresse systématiquement la carte des sédiments de surface des plateaux continentaux de l'Est du Canada, et les cartes ainsi obtenues constitueront le point de départ de la recherche d'agrégats. Il faudrait exécuter des levés selon le procédé de sismique-réflexion à haute résolution et des échantillonnages sous-marins, afin de définir avec exactitude la taille des gisements.

Nord du Canada

À l'exception des matériaux de fond qui ont été récupérés pour la construction d'îles artificielles, aucun travail d'extraction ou de dragage au large des côtes n'est exécuté ou prévu dans le Nord du Canada. Jusqu'à maintenant, 17 îles artificielles ont été construites dans la mer de Beaufort pour servir de plates-formes de forage en mer pour l'exploration pétrolière et gazière. Six autres îles seront peut-être construites d'ici trois ans. Dans les zones où l'eau est gelée jusqu'au fond, on construit des îles à proximité de la côte en déposant sur la glace des matériaux extraits sur la terre ferme. En eaux plus profondes, les matériaux de remblayage sont extraits par dragage; on a conçu une île prototype d'importance commerciale qui sera construite en bordure de la glace de rive fixée par 20 m d'eau et qui

réclamera 2 500 000 m³ de matériaux de remblayage et d'agréats. Cette île occupera une surface de berme de 25 ha et son alimentation en matériaux exigera une carrière de 60 ha. Les agrégats extraits des matériaux ainsi dragués serviront à recouvrir la structure de béton.

Des géoscientifiques participent à l'observation du mouvement de la glace en mer, de l'érosion glaciaire et du pergélisol, à des études environnementales, à des travaux en mécanique des sols ainsi qu'à la conception technique des structures. Les grandes sociétés pétrolières ont leurs propres spécialistes, mais elles font également appel à des experts-conseils spécialisés dans ces domaines.

L'auteur tient à remercier M. J. Masham, du ministère ontarien des Ressources naturelles (Centre du Canada) et M. A.H. Jones, du ministère des Affaires indiennes et du Nord (Nord du Canada) pour les renseignements précieux qu'ils ont fournis.

LES MINÉRAUX – D. Pasho

En ce qui concerne les minéraux autres que le pétrole, les activités marines de l'industrie au large des côtes ont été limitées par le passé à des études sporadiques sur des métaux lourds ou précieux et, occasionnellement, à des recherches sur les sources marines de sable et de gravier. Ce manque d'intérêt général ne tient pas nécessairement à une attitude négative des entreprises vis-à-vis de la mise en valeur des minéraux sous-marins, mais plutôt au fait que l'exploration et l'exploitation en milieu marin sont jugées plus coûteuses et plus difficiles que l'exploitation des sources terrestres canadiennes relativement abondantes, ou encore l'importation des minéraux à bon marché. Depuis quelques années, cependant, certains facteurs laissent présager une croissance de l'industrie des minéraux au large des côtes du Canada.

Premièrement, dans le cas des minéraux industriels comme le sable, le gravier et le sable siliceux, il est de plus en plus difficile de disposer en permanence de sources d'approvisionnement fiables et peu coûteuses dans certaines

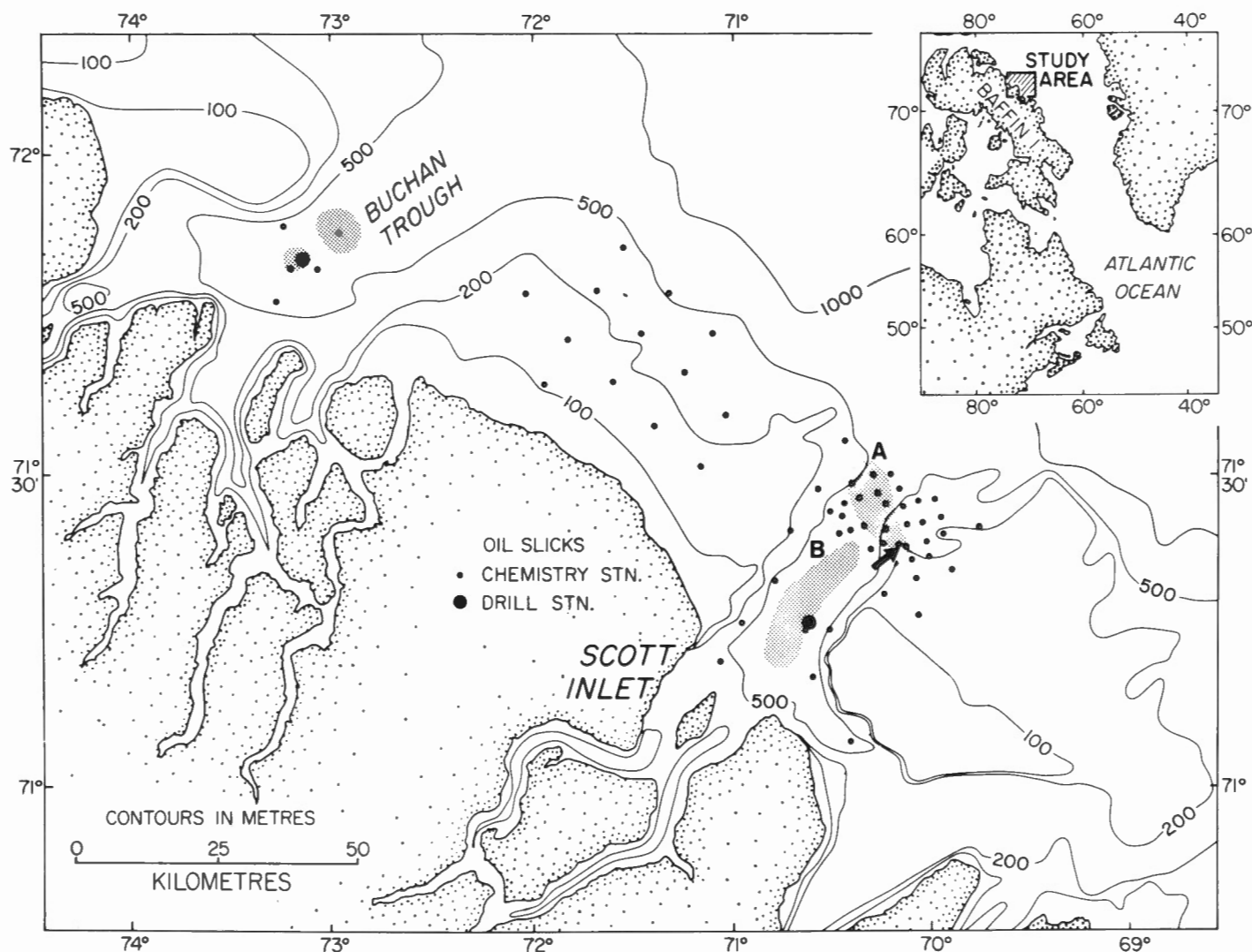


Figure 5.11. Infiltration naturelle des hydrocarbures dans l'inlet Scott et le golfe Buchan, plateau de l'île de Baffin. L'illustration représente la région où la surface luisait quand elle a été observée en 1980 et elle indique les lieux de prélèvement. La flèche indique l'endroit où des gouttelettes de pétrole et des bulles montaient jusqu'à la surface de la mer, à l'extérieur de l'inlet Scott. Des roches pétrolifères ont été observées sur le fond par le submersible *Piscès IV*, en 1981. (tiré de Levy, E.M. et Maclean, B., 1981, Commission géologique du Canada, étude 81-1A, p. 401 à 403).

régions canadiennes. Devant l'épuisement des gisements terrestres ici et là et parfois aussi la hausse des coûts de transport, certaines sociétés commencent à songer sérieusement à la possibilité de mettre en valeur des gisements situés au large des côtes. À plus long terme, les cas de ce genre se multiplieront probablement, ce qui devrait stimuler l'intérêt des entreprises pour les sources marines.

Deuxièmement, les travaux réalisés par le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources dans le domaine des gîtes minéraux situés au large des côtes sont maintenant coordonnés par les Groupes de travail du Comité coordonnateur chargé de l'exploitation minière sous-marine qui appartient au Ministère. Le Groupe de travail sur les plateaux continentaux, qui va puiser les compétences et les informations dont il a besoin au sein de l'Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada, de la Commission géologique du Canada, du Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET) et du Secteur de la politique minérale est en train de dresser un inventaire des ressources minérales au large des côtes du Canada. Cet inventaire consiste notamment à identifier les types de gisements et à délimiter les zones cibles susceptibles de renfermer les gîtes minéraux qui ont le plus de chances d'être exploités dans un avenir prévisible. Le Groupe de travail sur les grands fonds marins, qui relève du même comité, étudie la présence possible de sulfures polymétalliques sur la crête Juan de Fuca et évalue la possibilité d'utiliser des découvertes récentes dans l'interprétation de certains gisements de sulfures canadiens. Il poursuit également des travaux sur les possibilités de récupération des nodules de manganèse qui gisent sur les grands fonds marins. Ce type d'information donnera à l'industrie une idée des minéraux pouvant provenir des régions au large des côtes du Canada et de l'emplacement probable des gisements exploitables.

Troisièmement, le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources travaille actuellement à l'élaboration et à la formulation d'un régime de gestion des ressources qui réglerait plus précisément la mise en valeur des minéraux autres que le pétrole se trouvant dans des régions marines qui relèvent de la compétence du Canada. Il n'existe présentement aucune loi ni aucun règlement canadien qui s'applique à l'exploitation minière au large des côtes.

D'ici cinq ou dix ans, ces trois facteurs devraient contribuer à favoriser la mise en valeur des minéraux sous-marins du Canada autres que les hydrocarbures. Au début, on se concentra vraisemblablement sur la récupération des minéraux industriels (agrégats de construction, sable réfractaire, etc.) en eaux peu profondes, afin d'alimenter des marchés locaux ou régionaux qui sont accessibles par bateau. Si ces premiers efforts s'avéraient concurrentiels, l'industrie ajouterait à son champ d'activités la mise en valeur d'autres minéraux industriels au large des côtes, et peut-être même la recherche de minéraux lourds et de placers.

Contrairement à ce qui se passe dans le cas de la plupart des minéraux industriels, les chances de découvrir des minéraux lourds et des placers en milieu marin semblent beaucoup plus minces, et la recherche de ces minéraux comporte davantage de difficultés et de risques. C'est pourquoi ces gisements ne feront pas l'objet de travaux de mise en valeur d'importance commerciale tant que des organismes gouvernementaux ou des établissements universitaires n'auront pas établi clairement la probabilité de l'existence de minéraux de ce type à des endroits précis. À part les quelques régions marines qui, d'après les informations disponibles, auraient des chances de renfermer des gisements de cette nature, on peut s'attendre que les travaux d'exploration dans ce domaine seront très limités au cours des cinq ou dix prochaines années.

À ceux qui s'interrogent sur les besoins en géoscientifiques canadiens spécialisés dans le domaine des minéraux sous-marins, il faut rappeler que l'industrie sera vraisemblablement d'envergure modeste et qu'elle se développera lentement. En règle générale, les géologues possédant de l'expérience dans des domaines comme la géologie marine ou la dynamique des sédiments peuvent, moyennant des études et participations, répondre convenablement à la plupart des besoins de nature courante du gouvernement et du secteur privé. Il est vrai que le recours à des spécialistes peut faciliter certains programmes d'exploration ou de mise en valeur au large des côtes, mais peu de sociétés peuvent se permettre d'employer leurs propres spécialistes. Il y aura donc effectivement un besoin de scientifiques spécialisés dans les minéraux sous-marins, mais la demande sera limitée. À l'exception d'un très petit noyau d'experts qui subsistera dans le secteur privé et au gouvernement, ces spécialistes devront fort probablement se diriger vers des firmes d'experts-conseils.

L'INDUSTRIE DE LA GÉOPHYSIQUE AÉRIENNE

— N.R. Paterson

Introduction

Activités

Le secteur industriel reconnaît l'importance de la contribution que la géophysique aérienne (principalement le magnétomètre aéroporté) peut apporter à l'exploration au large des côtes, au début d'un programme. C'est pour cette raison que des levés par magnétomètre aéroporté ont été exécutés sur des vastes étendues du plateau continental canadien et des régions adjacentes à la fin des années 60 et au début des années 70. En 1975, la majeure partie des mers qui entourent le Canada, qu'il s'agisse des eaux territoriales ou internationales, avait été soumise à des levés du gouvernement ou de l'industrie. Les travaux de l'industrie étant en grande partie à caractère non exclusif, de sorte qu'un certain nombre de sociétés intéressées ont pu avoir accès à l'information à un prix très raisonnable. Beaucoup de résultats, exclusifs ou non exclusifs, ont fait l'objet d'interprétations de la part de plusieurs firmes d'experts-conseils. Dans bien des cas, les données aériennes ont été intégrées à des données gravimétriques et magnétiques marines qui avaient été recueillies par le gouvernement fédéral. Les entrepreneurs et experts-conseils suivants offrent des index de cartes aéromagnétiques disponibles ainsi que des rapports d'interprétation:

1. Terra Surveys Limited/Geoterrex Limited, Ottawa
2. Questor Surveys Limited, Toronto
3. Aqua-Terra Consultants Limited, Calgary

Comme l'industrie considère que les données aéromagnétiques fournissent surtout de l'information géologique à caractère régional, la méthode n'a été utilisée qu'avec modération au cours des dernières phases des programmes d'exploration au large des côtes. Les entrepreneurs rendent compte d'une très faible activité entre 1977 et 1980, leurs travaux se limitant à des levés particuliers sur la côte Ouest et à la couverture de petites superficies dans l'Arctique.

Aucuns travaux n'ont été signalés en gravimétrie aérienne dans les régions au large des côtes du Canada, quoique l'industrie aurait, dit-on, fait l'essai d'un système de gravimétrie par hélicoptère au cours des années 70. Le travail serait semblable à celui qui a été effectué en 1977 au large de la Virginie et, précédemment, sur le talus nord de l'Alaska.

Outre les activités directement rattachées à la recherche d'hydrocarbures, des entreprises ont exécuté des levés sur de petites étendues côtières en vue de la recherche de minéraux métalliques ou non métalliques. Ces programmes sont habituellement des prolongements de travaux analogues effectués sur les terres adjacentes. De même, les méthodes employées découlent directement des techniques utilisées à terre; on y trouve notamment le magnétomètre, l'électromagnétomètre audiofréquence ou transitoire et l'électromagnétomètre très basse fréquence. Les deux dernières techniques sont pratiquement inutilisables en milieu d'eau salée, en particulier dans la zone intertidale. Le magnétomètre a par contre produit des informations utiles dans des zones côtières de la Colombie-Britannique, de Terre-Neuve, de l'île Baffin, de la Nouvelle-Écosse, de la baie d'Hudson, des Grands Lacs et de nombreuses autres régions du Canada. Ces levés sont habituellement restreints à une bande côtière qui n'a pas plus de 1 ou de 2 km de largeur. En soi, ces travaux ne font pas partie des sciences de la Terre en milieu marin, telles qu'elles sont actuellement définies.

Industrie

L'industrie canadienne de la géophysique aérienne est dominée par trois grands entrepreneurs qui ont leur siège social à Ottawa et à Toronto. À ces trois "grands" s'ajoutent trois ou quatre entreprises de plus petite envergure qui sont

désireuses et capables d'exécuter des levés en mer et qui sont également établies dans l'Est canadien. En tout, il existe au Canada entre 15 et 20 aéronefs autorisés à exécuter des levés géophysiques aériens; les trois principales entreprises ont la capacité d'en utiliser 75 %. En outre, plusieurs entrepreneurs américains continuent à exécuter des levés au Canada, surtout pour le compte d'organisations pétrolières établies aux États-Unis.

Les levés aéromagnétiques au large des côtes ne représentent qu'une faible partie des travaux aéromagnétiques effectués chaque année au Canada. Au moins 500 000 km linéaires de levés magnétiques et de levés électromagnétiques et magnétiques combinés sont exécutés annuellement par voie aérienne; or, on estime que moins de 10 % ont lieu en milieu marin. Si l'on ne tient compte que des levés magnétiques, la part des travaux marins pourrait atteindre 15 ou 20 % et il est probable qu'elle augmente.

L'industrie canadienne de la géophysique aérienne occupe depuis toujours une place importante sur la scène internationale; en fait, elle représente probablement au moins le tiers du marché mondial. Le programme aéromagnétique fédéral-provincial a contribué à maintenir la géophysique aérienne en position de force au Canada. Certains programmes de l'Agence canadienne de développement international (ACDI) ont procuré à l'industrie une expérience internationale précieuse (y compris en mer).

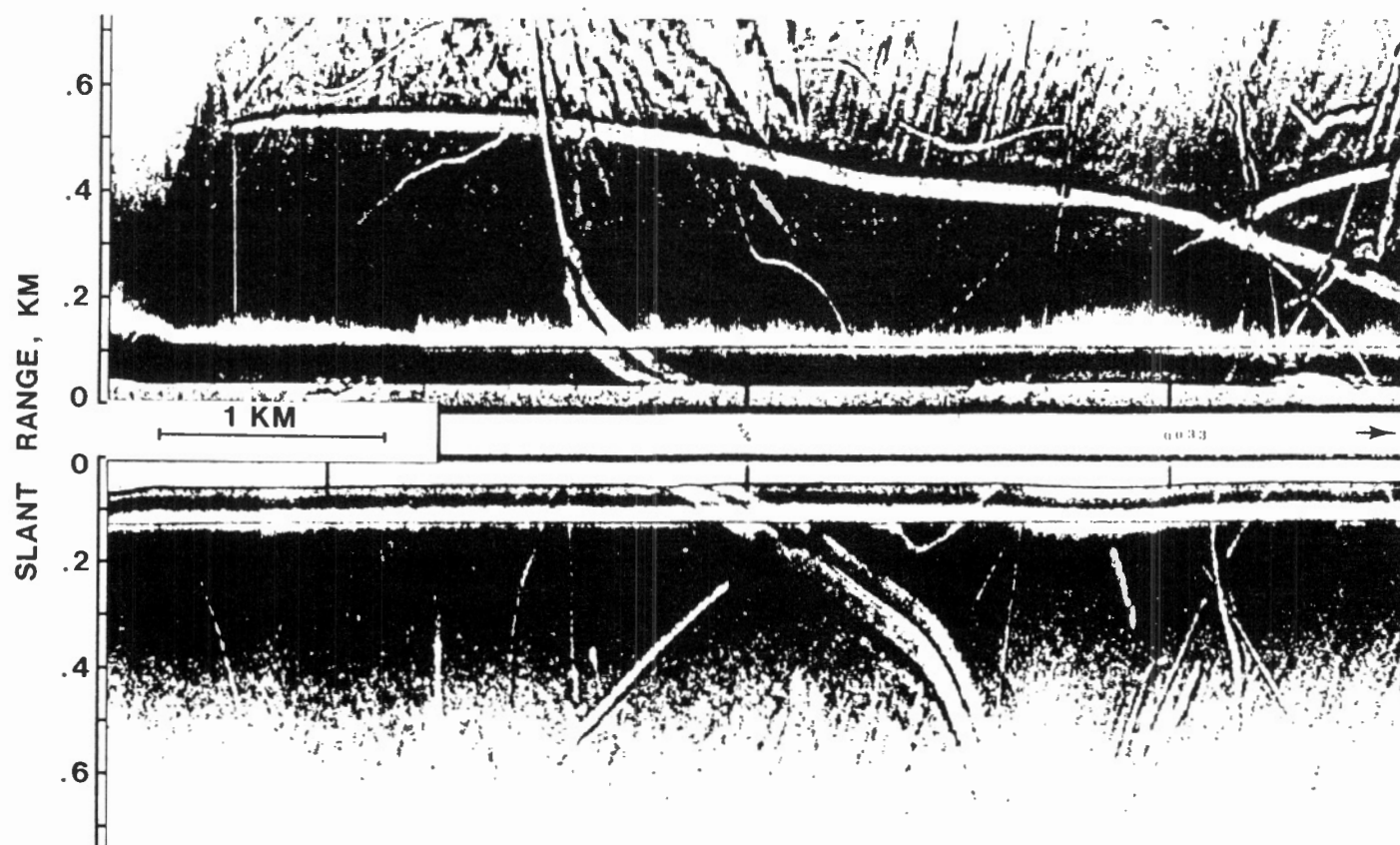


Figure 5.12. Sillons produits par les icebergs, tel qu'enregistrés par un appareil à balayage latéral dans 190 m d'eau au large du Labrador. Marques linéaires et curvilinéaires bien définies laissées ici et là sur des sédiments à grains fins de même dimension. La marque double qui traverse la partie centrale de la région mesure près de 200 m de largeur. Une dépression naturelle, ressemblant à un chenal, croise la trace du bateau dans la partie sud de la région. Le fait que la marque la plus longue rétrécit lorsqu'elle arrive en eau plus profonde dans le chenal est à noter, soit dans le coin inférieur droit de la photo (Source: C.F.M. Lewis).

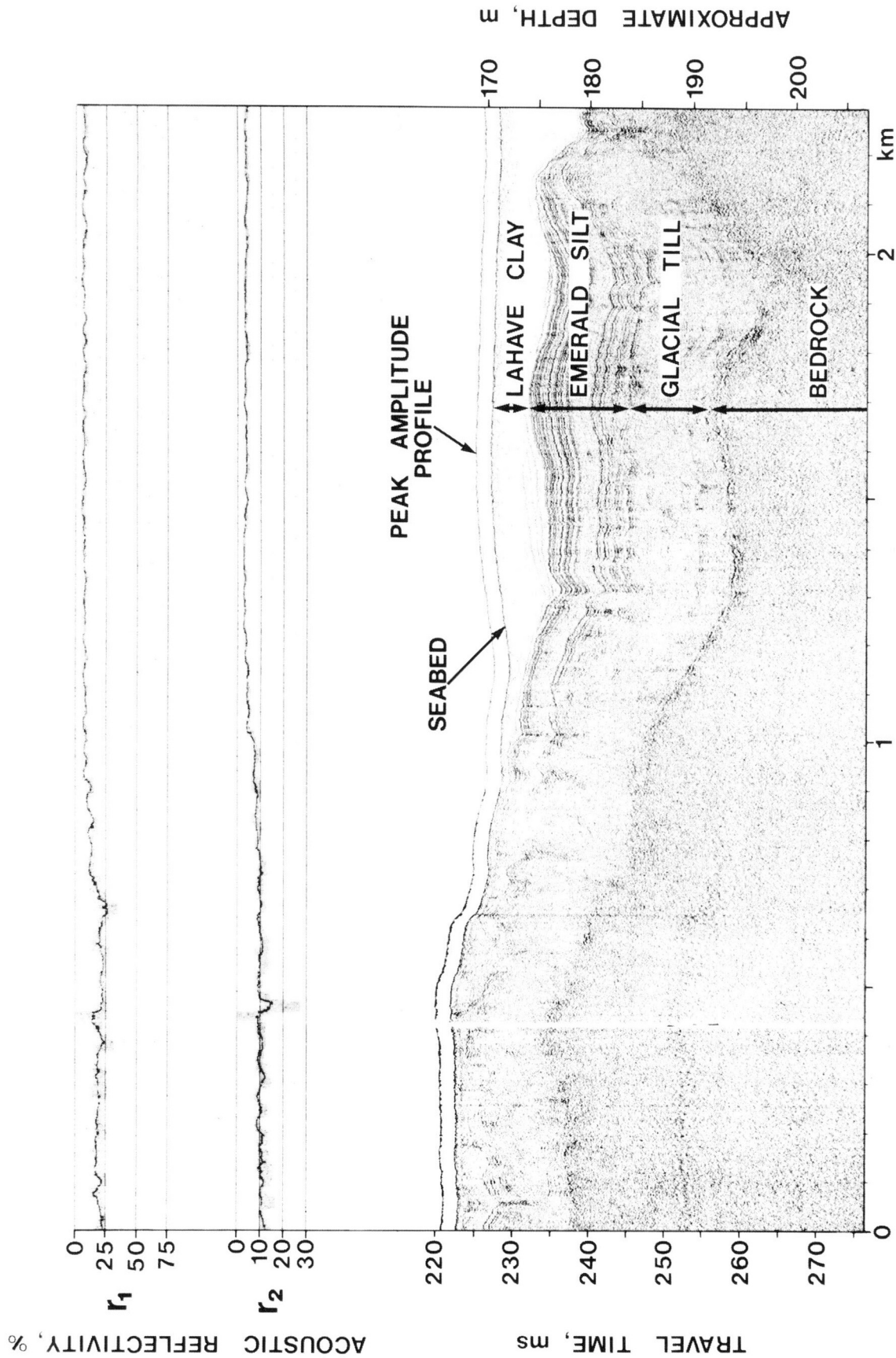


Figure 5.13. Données provenant du Deep Tow Towing System de la Huntex indiquant les profils d'amplitude de pointe des réflexions acoustiques (r_1 , r_2) et les régions à forte intensité sismique, sur les affleurements de limon d'Emerald, à gauche, et d'argile de La Have, à droite, avec une surface de contact à une distance de 0,9 km (tiré de Parrott, D.R., Dodds, D.J., King, L.H. et Simpkin, P.G., 1980, *Canadian Journal of Earth Sciences*, vol. 17, p. 722 à 737).

Cependant, les sociétés pétrolières internationales, qui sont principalement installées aux États-Unis et en Europe, ainsi que leurs filiales canadiennes, ont été lentes à établir des relations avec l'industrie canadienne, à l'exception des rapports qui existent entre les sociétés pétrolières françaises et la Geotrex Limited d'Ottawa, elle-même contrôlée par des intérêts français. Les grandes filiales des sociétés américaines établies à Calgary ont l'habitude de faire appel aux ressources de leurs sociétés mères pour planifier, superviser et interpréter des levés aéromagnétiques, de sorte que les résultats de leurs travaux sont en bonne partie cédés à des entreprises et à des experts-conseils des États-Unis et confiés à la gestion de spécialistes américains. On observe néanmoins une tendance à la formation de noyaux de spécialistes en magnétisme et en gravimétrie à l'intérieur des bureaux de Calgary des grandes sociétés pétrolières. Il est à espérer que cette tendance se maintiendra.

Avenir

Beaucoup de géophysiciens refusent d'admettre que la géophysique aérienne est uniquement un outil de reconnaissance dans le cadre des travaux d'exploration pétrolière. Les derniers perfectionnements apportés aux instruments et aux techniques d'interprétation ont ouvert tout un nouveau champ d'applications à l'aéromagnétisme à haute sensibilité et à la gradiométrie aéromagnétique. L'amélioration des méthodes de rétablissement des trajectoires de vol et de commande de l'altitude ont augmenté considérablement l'utilité des données magnétiques. Même s'il n'y a pas eu de travaux géophysiques aériens entrepris au large des côtes du Canada au cours des dernières années, il n'est pas improbable que, certains facteurs politico-économiques aidant, les levés aéromagnétiques susciteront un regain d'intérêt d'ici 1990. Il s'agira probablement de levés assez détaillés (par exemple, sur des lignes espacées d'un demi-kilomètre à un kilomètre), faits au moyen d'un magnétomètre haute sensibilité, peut-être même un gradiomètre. Quant aux levés gravimétriques aériens, ils seront probablement aussi détaillés.

Réalisations et contraintes techniques

Depuis environ 1970, l'industrie effectue la plupart de ses levés aéromagnétiques au Canada en se servant du groupe assez sensible des magnétomètres à pompe optique. Ces instruments peuvent atteindre une précision égale ou supérieure à un centième de gamma, alors que la sensibilité des magnétomètres à précession libre varie entre un dixième de gamma et un gamma. L'industrie canadienne a aussi fait un usage limité d'une version relativement sensible du magnétomètre à vanne de flux (précision de l'ordre du vingtième de gamma). Des gradiomètres aéromagnétiques verticaux ont été employés ici et là dans les régions au large des côtes du Canada, mais un seul levé d'importance a eu lieu dans la mer de Beaufort, au début de la décennie. Le système utilisé était constitué de deux magnétomètres à pompe optique, séparés verticalement d'environ 50 m.

Peu de réalisations importantes ont été réalisées dans la mise au point des magnétomètres depuis les dernières années; par contre, des améliorations majeures ont été apportées à la saisie des données numériques, au contrôle de la qualité, à la vérification et à la mise en forme des données en temps réel et après les vols, ainsi qu'au traitement ultérieur. Toutes ces méthodes, y compris l'enregistrement continu des différences du quatrième ordre dans les valeurs magnétiques, ont permis d'obtenir un produit final de beaucoup supérieur. Grâce à des données numériques fiables, enregistrées à un temps d'échantillonnage suffisamment court, le géophysicien est en mesure de tirer des informations très utiles de signatures magnétiques assez fiables. Par exemple, les signatures de certaines couches sédimentaires

peu magnétiques peuvent avoir une activité d'à peine 1 gamma. Or, la détection et la définition de ces signatures peuvent faciliter considérablement l'établissement de la carte stratigraphique et l'interprétation des structures.

Si la valeur des données très sensibles est rarement apparente sur la carte de courbes d'isomagnétisme, elle est par contre facile à observer sur des cartes traitées numériquement, comme des cartes de résidus, de champ prolongé vers le bas et de dérivées. Le perfectionnement de ces méthodes est dû en partie à la disponibilité de données numériques fidèles et fiables, mais l'avènement des nouvelles techniques informatiques y est également pour beaucoup. Un des domaines d'activité importants à cet égard est l'interprétation quantitative. Des progrès considérables ont été accomplis dans ce domaine depuis une dizaine d'années. Plusieurs méthodes semi-automatiques ont été mises au point pour le calcul de la profondeur et de la géométrie, basées sur l'ajustement de modèles simples à des profils magnétiques. D'autres méthodes agissent sur les composantes de Fourier des anomalies à deux dimensions. Récemment, l'algorithme de Marquardt (voir W.W. Johnson, *Geophysics*, 1969) a été adapté à l'élaboration semi-automatique de modèles d'ordinateurs. Grâce à cette méthode, des modèles magnétiques simples peuvent être ajustés de façon optimale à des anomalies choisies sur des profils magnétiques numériques. Le géophysicien n'a qu'à introduire des repères au début et à la fin de l'anomalie, ainsi qu'à la limite du plus grand axe de l'anomalie. L'ordinateur fait varier jusqu'à sept paramètres, afin d'obtenir le meilleur ajustement possible par la méthode des moindres carrés, et énumère les valeurs définitives, les valeurs observées et ajustées des profils magnétiques, ainsi que l'écart type de l'ajustement. Une fois l'ajustement exécuté à la satisfaction du géophysicien, un traceur mécanique reporte les données, de même que leurs paramètres géométriques et magnétiques essentiels, sur la carte des trajectoires de vol ou des courbes magnétiques.

Un autre progrès tout aussi important, qui s'applique surtout aux levés marins, a été réalisé dans le domaine de la navigation et rétablissement des trajectoires. Dans les levés aéromagnétiques traditionnels en mer, le positionnement était assuré par des antennes radio ou des transpondeurs installés sur la rive. Au cours des années 70, les systèmes de navigation par inertie (SNI) comme le Litton LTDN-51, ont de plus en plus été utilisés. Certains entrepreneurs ont également expérimenté des systèmes à très basses fréquences (TBF) passifs, qui enregistrent jusqu'à cinq canaux simultanément. Comme les SNI réclament une mise à jour périodique et que les systèmes TBF n'ont pas la précision exigée par la plupart des levés aéromagnétiques, on emploie simultanément des systèmes radio ou radar auxiliaires. On utilise de préférence le Decca lorsqu'il est disponible; les systèmes Loran C, Argo DM-54, Motorola Mini-Ranger et d'autres aides au positionnement par radio ou radar ont également rendu des services utiles. Le système Doppler sert fréquemment d'aide à la navigation complémentaire et est aussi utilisé comme technique supplémentaire de rétablissement des trajectoires. Les progrès accomplis dans la mise au point des systèmes SNI et TBF, au cours des années 70, ont augmenté considérablement l'efficacité des levés aéromagnétiques en milieu marin éloigné. Actuellement, on songe à utiliser le SATNAV (navigation par satellite), à la fois comme méthode d'étalonnage des SNI et comme système de navigation.

La précision du contrôle de la navigation est essentielle dans les levés aéromagnétiques à haute sensibilité, en raison des effets des mouvements d'un aéronef dans le champ magnétique terrestre. Pour être en mesure d'utiliser des données magnétiques enregistrées avec une précision supérieure au vingtième de gamma, la position de l'aéronef doit être connue à chaque instant à 10 ou 20 m près. Il est généralement possible d'atteindre une telle précision dans le

sens vertical lorsqu'on utilise simultanément des altimètres numériques radar et barométriques. Ces méthodes sont maintenant d'usage courant dans les levés effectués au large des côtes. Par contre, cette précision est rarement obtenue dans le sens latéral, quoi qu'elle semble possible au moyen des plus récents instruments SNI.

Les progrès techniques réalisés dans les levés gravimétriques aériens n'ont pas encore été appliqués au Canada, où il existe déjà des réseaux gravimétriques marins assez étendus. Le magnétomètre aéroporté est non seulement plus précis, mais aussi beaucoup moins onéreux que son équivalent marin. On ne peut en dire autant du gravimètre, et il est peu probable que la situation change dans un proche avenir.

Activités

Canada central

Aucun levé géophysique aérien n'a été signalé dans le Canada central au cours des quatre dernières années. Au milieu des années 70, des profils aéromagnétiques à sensibilité moyenne ont été établis suivant des bandes est-ouest à partir de l'île Akimiski (rive est de la baie d'Hudson) dans le sud, jusqu'au Cap Smith dans le nord. Ces profils ont élargi la couverture aéromagnétique de la baie d'Hudson, dont les premiers levés avaient été exécutés à titre privé à la fin des années 60. Des levés semblables ont été exécutés dans la région des îles Southampton, Coates et Mansel au début des années 70. Des levés de réseau ont eu lieu dans les régions du détroit d'Hudson, du golfe de Richmond et du cap Tatnam entre 1966 et 1972. Tous ces travaux ont été faits au moyen de magnétomètres à vanne de flux ou à protons de sensibilité moyenne.

Divers systèmes de navigation ont été employés, dont le réseau Decca du gouvernement fédéral, les systèmes TBF et la méthode Doppler. Les principales bases d'opération étaient situées à Churchill, à Coral Harbour, à Great Whale River et à Moosonee.

Les résultats de tous ces levés ont été interprétés par plusieurs groupes de spécialistes et intégrés dans le réseau magnétique marin du gouvernement fédéral.

Au-dessus des Grands Lacs, l'activité aéromagnétique a été presque nulle; seuls les levés de prospection minérale réalisés en bordure du lac Supérieur et de la baie Georgienne du lac Huron valent la peine d'être signalés. Des levés électromagnétiques aériens (INPUT) et magnétométriques combinés ont été exécutés au-dessus d'autres réseaux lacustres importants, dont le lac Reindeer, le lac Wollaston, le lac Athabasca, le Grand lac des Esclaves et le Grand lac de l'Ours. En 1979, des levés INPUT et magnétométriques combinés ont été réalisés sur 8 000 à 12 000 km linéaires au-dessus du lac Athabasca, en vue de la recherche de structures favorables à l'accumulation d'uranium; le positionnement a été assuré en majeure partie par le système Motorola Mini-Ranger.

Ouest du Canada

Peu d'activités commerciales on eu lieu dans l'Ouest canadien, si ce n'est un levé aéromagnétique d'environ 50 000 km linéaires au large de la Colombie-Britannique en 1980. Il s'agirait d'un levé à haute sensibilité, dans lequel les systèmes SNI, Doppler et Decca ont été utilisés pour la navigation et le rétablissement des trajectoires.

Parmi les travaux aéromagnétiques qui avaient été faits précédemment dans la région, on compte un levé de prospection pétrolière réalisé en 1973 au moyen d'un magnétomètre à vanne de flux, et un certain nombre de levés exécutés à des fins de prospection de minéraux autres que des hydrocarbures au-dessus de l'île Vancouver et des îles Reine-Charlotte et servant de prolongement à des levés terrestres.

Région de l'Atlantique

Aucun levé géophysique aérien n'a été signalé dans la région de l'Atlantique depuis 1975. Avant cette année-là, de vastes levés aéromagnétiques à haute sensibilité avaient eu lieu dans la mer du Labrador et dans le détroit de Davis. À l'exception de quelques blocs assez petits, le levé de la mer du Labrador, qui a couvert environ 18 500 km linéaires, a été effectué suivant un quadrillage assez vague de profils espacés de 16 km sur 32 km. Dans le détroit de Davis, près de 35 000 km linéaires ont été parcourus, l'espacement des profils étant égal ou inférieur à 5 km sur 12 km. Tous les résultats de ces travaux ont été interprétés et, sauf erreur, sont mis à la disposition du public par les promoteurs du projet.

Ces levés ont été réalisés au moyen de divers aéronefs et systèmes de navigation. Les principales bases de vol étaient situées à Churchill, à Fort Chimo et à Frobisher Bay. Le magnétomètre à pompage optique à vapeur de césium a été retenu.

Le seul autre levé ayant servi à l'exploration pétrolière dans la région de l'Atlantique a été exécuté au moyen d'un magnétomètre à vanne de flux dans la région des Grands Bancs de Terre-Neuve, en 1973. Des systèmes TBF (à trois canaux) et Doppler ont été utilisés pour la navigation et le rétablissement des trajectoires.

Des levés de prospection minérale ont eu lieu dans de nombreuses régions côtières de Terre-Neuve et de la Nouvelle-Écosse, notamment dans la baie St-George et dans la baie Notre-Dame. En 1979, le gouvernement de la Nouvelle-Écosse a entrepris des levés aéromagnétiques à haute sensibilité au-dessus de la moitié nord de l'île du Cap-Breton, suivant un canevas altimétrique et planimétrique précis. Ces levés ont couvert une bande d'environ 4 km de largeur au-dessus de la côte de l'île.

Nord du Canada

L'unique programme de géophysique aérienne réalisé dans le Nord du Canada au cours des dernières années consiste en deux petits levés aéromagnétiques à haute sensibilité exécutés en 1980 pour le compte de sociétés pétrolières dans la mer du Labrador et dans le détroit de Davis. Des magnétomètres à vapeur d'hélium ont été montés sur un aéronef DC-3 qui avait pour base Frobisher Bay. Le positionnement a été assuré par une combinaison de systèmes radio (Argo DM-54) et Doppler.

Avant 1975, une vaste étendue des îles de l'Arctique et des eaux adjacentes a été couverte par des levés aéromagnétiques systématiques à caractère régional. Ces travaux ont commencé dans le delta du Mackenzie et dans la mer de Beaufort à la fin des années 60 et ont progressé vers le nord, jusqu'à l'île Banks et au bassin Sverdrup, au début des années 70. Le passage du Nord-Ouest (chenal Parry), le détroit de Jones, les îles Axel Heiberg et la partie ouest de l'île Ellesmere ont également été survolés au début des années 70.

Les promoteurs de ces levés ont dressé des cartes aéromagnétiques pour plus de 150 000 km linéaires. Les levés, à sensibilité moyenne surtout, ont été faits au moyen de divers magnétomètres, d'aéronefs et de systèmes de navigation. Le système Decca Lambda du gouvernement fédéral a été largement employé. L'espacement des lignes variait entre 1,6 km et plus de 24 km, l'intervalle le plus court étant généralement retenu dans les régions où un rétablissement visuel des trajectoires était possible.

Un programme de levés par magnétomètre aéroporté à haute sensibilité et gradiomètre vertical a eu lieu à la fin des années 60 dans la mer de Beaufort; il consistait à établir des profils à partir de la terre ferme en progressant vers le nord;

le système utilisé se composait de deux magnétomètres à vapeur de césium formant un gradiomètre logé dans un "bird" remorqué. L'accès aux résultats de ces levés et à leur interprétation est possible par l'entremise des promoteurs du projet.

La large couverture aéromagnétique des îles de l'Arctique (les levés de l'industrie dont il est question plus haut sont contigus ou superposés à des lignes aéromagnétiques du gouvernement) a permis à divers organismes d'exécuter des interprétations d'échelle régionale. Cependant, des informations beaucoup plus abondantes, qui intéressaient les sociétés d'exploration, pourraient être tirées d'une couverture magnétique numérique à haute sensibilité qui serait constituée de lignes moins espacées. C'est dans cet esprit que semble s'amorcer la deuxième phase des levés aéromagnétiques à échelle moyenne. Il y a peu d'endroits dans le monde où le magnétomètre aéroporté jouisse d'autant d'avantages. Le coût extrêmement élevé et les limites techniques des levés sismiques dans l'Arctique constituent des arguments de taille en faveur de la poursuite des levés aéromagnétiques.

renseignements précis au sujet des travaux de génie marin pour l'année 1977. On y recense les efforts accomplis entre 1973 et 1977, de sorte qu'il est possible d'en dégager des orientations générales.

Région de l'Atlantique

À l'intérieur de la région de l'Atlantique, le secteur industriel compte neuf exploitants en génie marin, dont six en Nouvelle-Écosse et trois à Terre-Neuve. Seulement quatre d'entre eux ont participé à des travaux qui se rattachent aux sciences de la Terre en milieu marin. Le tableau ci-dessous présente un résumé des ressources qui leur sont affectées:

Province	R-D totale dans les régions froides* années-personnes	R-D totale en génie marin années-personnes	R-D rattachée aux sciences de la Terre années-personnes	% de la R-D totale	% de la R-D en génie marin
Terre-Neuve	6,1	0	0	-	-
Nouvelle-Écosse	17,3	7,1 (41 %)	2,0	11,5	28
Total	23,4	7,1 (30 %)	2,0	8,5	28

*Ne comprend pas les exploitants qui comptent le génie marin parmi leurs ressources en R-D dans les régions froides.

LES ENTREPRENEURS ET EXPERTS-CONSEILS DANS LE DOMAINE DES RÉGIONS FROIDES – J.J. Clark

L'inventaire des ressources canadiennes en recherche et développement dans le domaine du génie en milieu froid, préparé par la Acres Consulting Services Limited pour le compte du Conseil national de recherches du Canada en 1978, donne un aperçu des activités des entrepreneurs et des firmes d'experts-conseils au Canada.

Cet inventaire renferme 313 inscriptions, dont 230 concernent l'industrie, et les autres, les gouvernements ou les universités. Le présent document ne portera que sur les entrepreneurs, les experts-conseils et les producteurs du secteur privé. Pour figurer dans le répertoire, les entreprises doivent répondre aux conditions suivantes:

- elles doivent démontrer qu'elles possèdent des ressources en recherche et développement pouvant apporter une contribution directe ou complémentaire aux travaux de génie exécutés dans les régions froides; et
- elles doivent avoir une adresse commerciale au Canada.

Les régions froides sont les régions situées au nord de la limite sud du pergélisol discontinu et comprennent les îles de l'Arctique et les eaux qui les séparent, ainsi que les eaux subissant les effets de la glace au large de la côte Est du Canada. Par conséquent, l'inventaire rend compte des travaux entrepris dans la plupart des régions marines du Canada.

L'inventaire comprend des listes de domaines, d'organisations et de lieux géographiques. Parmi les 12 domaines d'activités qui y sont énumérés figure le génie marin. Celui-ci renferme lui-même six subdivisions, dont quatre comportent un élément majeur en sciences de la Terre en milieu marin. L'inventaire n'est pas très précis en ce qui concerne les activités géoscientifiques marines qui se déroulent sur la côte Ouest, mais il donne tout de même une bonne indication du nombre d'exploitants, du volume d'activités et des sources de financement (c'est-à-dire par contrat ou financement interne). En outre, on y présente des

L'inventaire est censé renfermer tous les exploitants qui exécutent des travaux de recherche et de développement dans les régions froides. Même si la NORDCO et la C-CORE sont très actifs dans ce domaine, ils relèvent des secteurs gouvernemental et universitaire et, par conséquent, ne sont pas compris dans les données ci-dessus.

Canada central

En tout, 29 organismes industriels ont indiqué qu'ils possédaient des ressources en génie marin dans le centre du Canada. Neuf d'entre eux sont établis au Québec, et 20 en Ontario. Cinq des établissements du Québec et sept de l'Ontario procèdent à des travaux géoscientifiques marins. Voici un compte rendu sommaire de leurs activités:

Province	R-D totale dans les régions froides années-personnes	R-D totale en génie marin années-personnes	R-D rattachée aux sciences de la Terre années-personnes	% de la R-D totale	% de la R-D en génie marin
Québec	103	5,5 (5,3 %)	5,0	4,8	95
Ontario	298	30 (10 %)	20	6,7	66
Total	401	35,5 (8,8 %)	25	6,2	70

Ouest du Canada

Une seule organisation du Manitoba et une autre de la Saskatchewan ont indiqué qu'elles possédaient des ressources en R-D dans le domaine du génie marin, mais ni l'une ni l'autre n'a pris part à des travaux géoscientifiques en milieu marin. Les travaux se déroulent surtout en Alberta et en Colombie-Britannique, mais on sous-estime probablement la participation de la Colombie-Britannique étant donné que l'inventaire ne rend compte que des travaux effectués dans les régions froides. La province la plus active est l'Alberta, où 26 organismes ont indiqué qu'ils possédaient des ressources en R-D en génie marin, dont 16 participent à des travaux géoscientifiques en milieu marin. En Colombie-Britannique, le nombre d'organismes se chiffre à 16, mais seulement cinq d'entre eux participent à des activités qui se rattachent aux sciences de la Terre en milieu marin. Voici comment la situation se présente:

Province	R-D totale dans les régions froides années- personnes	R-D totale en génie marin années- personnes	R-D rattachée aux sciences de la Terre années- personnes	% de la R-D totale	% de la R-D en génie marin
Alberta	284	47,5 (16,7 %)	38,2	13,4	81
Colombie- Britannique	65	5,8 (8,9 %)	1,5	2,3	26
Total	349	53,3 (15,2 %)	39,7	11,4	74

En résumé, parmi les 230 entreprises canadiennes recensées, 84 déclarent posséder des ressources en recherche et en développement dans le domaine du génie marin, et 37 d'entre elles procèdent à des travaux qui se rattachent directement aux sciences de la Terre en milieu marin. Celles-ci consomment 67 années-personnes et sont financées par contrat dans une proportion de plus de 90 %. Les efforts consacrés aux sciences de la Terre en milieu marin représentent environ 8,5 % de la R-D totale des 84 organisations possédant des ressources en génie marin.

Bien qu'il manque de statistiques pour les années 1978 à 1980, il ne se fait pas de doute que le niveau d'activité a augmenté dans le domaine géoscientifique marin. On ne possède pas non plus de données sur les activités des organismes étrangers qui sont engagés par contrat pour venir travailler au Canada. Il est bien connu que des sociétés étrangères ont été engagées pour entreprendre des études sous-marines dans la mer de Beaufort au large de la côte Est du Canada. Ces travaux ont parfois été exécutés en collaboration avec un organisme canadien, de manière à favoriser le transfert de technologies à ce même organisme canadien. Dans le cas de la mer de Beaufort, toutefois, le transfert de technologies s'effectue dans l'autre sens en raison de la compétence du Canada dans le domaine de la technologie du pergélisol. Ainsi, lorsqu'un exploitant spécialiste de l'environnement du golfe du Mexique est appelé à transmettre une partie de sa technologie aux exploitants des régions marines de l'Arctique, il se trouve par le fait même à améliorer sa compétence dans le domaine des techniques des régions froides et du pergélisol, ce qui diminue ou neutralise des avantages que le Canada pourrait retirer de l'exportation de ses techniques.

Les ressources en main-d'oeuvre technique représentées par les 230 organismes recensés ne sont pas dénombrées, mais elles dépassent très probablement les 20 000. Si l'on suppose que les ressources en R-D sont le reflet de la capacité de recherche, d'analyse et de conception, on peut affirmer que l'industrie canadienne aura beaucoup de difficultés à relever les défis des 20 prochaines années. En effet, les efforts consacrés par l'industrie à la R-D en sciences de la Terre en milieu marin, y compris les ingénieurs en géotechnique, représentent probablement moins d'un tiers d'un pour cent de la main-d'oeuvre technique des organismes recensés.

LES ENTREPRENEURS ET EXPERTS-CONSEILS SUR LA CÔTE OUEST – R. MacDonald

Depuis plusieurs années, les projets réalisés dans les régions marines de l'Ouest canadien qui ont eu recours aux services de gens formés et expérimentés dans le domaine géoscientifique marin sont peu nombreux. Presque tous les projets qui font appel à des entrepreneurs et experts-conseils ont été des initiatives du gouvernement et de ses organismes, par voie d'action ou de réglementation directe.

L'Ouest canadien produit et exporte d'énormes quantités de produits du bois et de concentrés de minerais. La plupart des usines de pâte sont situées au bord de la mer et déversent leurs déchets dans l'océan. Plusieurs mines sont également établies dans ces régions et sont autorisées à jeter

dans l'eau les stériles et résidus miniers. Dans les deux cas, les règlements gouvernementaux exigent que ces déchets soient préalablement évacués par pipeline dans des eaux profondes, ce qui a pour effet d'accroître la dilution des fluides dans le cas des usines de pâte ou de déposer les solides dans un milieu chimiquement plus stable que l'air libre dans le cas des mines. Ces projets d'évacuation par pipeline constituent une source de travail importante, malgré leur caractère sporadique. On ne prévoit pas d'augmentation des projets financés par l'industrie locale.

Deux projets majeurs, dont aucun n'est encore achevé, ont été entrepris par la B.C. Hydro, société de la Couronne de la Colombie-Britannique. L'organisme chargé du transport de l'électricité a adjugé un contrat à un consortium de la STK (ITT-Norvège) et à la Pirelli Cables (Italie), pour installer deux circuits de 500 kV reliant le continent à l'île Vancouver. Depuis six ans, on exécute des levés pour identifier des tracés possibles. Le levé définitif a récemment été réalisé en préparation des travaux publics, qui doivent commencer au cours de l'été de 1981. Les câbles seront installés à l'automne de 1982 et au printemps de l'année suivante. La société Thalassic Data Ltd. s'est chargée des travaux de géologie et de géophysique marines.

Le deuxième projet d'importance actuellement entrepris par la B.C. Hydro fait intervenir l'organisme chargé de la distribution du gaz naturel. Là encore, le contrat a pour but d'approvisionner l'île Vancouver en énergie. La société Hydro se propose de construire un pipeline (ou des pipelines) à travers la partie sud du détroit de Géorgie, qui partirait du delta du Fraser. Le gros des efforts a été employé jusqu'ici à trouver un tracé à travers les îles Gulf. Il reste encore à régler les problèmes que pourrait poser la stabilité de l'environnement du delta du Fraser. Jusqu'à maintenant, les travaux ont été confiés à plusieurs entrepreneurs, dont la Montreal Engineering, la Williams Bros., la McElhanney Surveying and Engineering, la Dobrocky Seatech et l'Atmex Geophysics. Récemment, des services de consultation en géophysique marine ont été assurés par la Thalassic Data Ltd.

Deux autres sociétés, la Westcoast Transmission et la Centennial Pipeline, aspiraient également au contrat, mais la décision vient d'être prise de confier le travail à la B.C. Hydro. La Westcoast avait exécuté des travaux sur le terrain, afin de délimiter la région par laquelle elle comptait faire passer sa traversée entre Powell River et un point situé sur l'île Vancouver, juste au sud de Comox. Ce travail a été fait en 1980 par la Can Dive Services Ltd. En ce qui concerne la partie marine du pipeline, le fait de construire la traversée plus au nord comportait peut-être des avantages du point de vue de la stabilité des pentes.

Une autre société de la Couronne de la Colombie-Britannique, la B.C. Ferry Corporation, a déjà engagé des entrepreneurs pour voir à ce que les routes prévues des traversiers soient libres de récifs qui n'auraient pas été cartographiés et étudier les problèmes susceptibles d'être posés par le transport des sédiments.

Les ministères gouvernementaux, soit par manque d'intérêt ou d'activité, n'ont pas fait exécuter beaucoup de travaux géoscientifiques en milieu marin sur la côte Ouest. Dans la province, le ministère de la Voirie a adjugé quelques contrats par le passé. Au niveau fédéral, plusieurs contrats importants ont été accordés pour étudier les effets de l'empiètement de certaines structures sur les marécages du delta du Fraser en vue d'un programme d'expansion des installations aéroportuaires et des centres d'expédition.

Seulement une faible partie de ce travail était de nature géologique ou géophysique. Les ministères du gouvernement fédéral qui s'occupent des ressources ont adjugé quelques contrats d'intérêt, mais ont exécuté eux-mêmes la majeure partie du travail. Le seul contrat digne de mention est un levé gravimétrique au large des côtes confié à la McElhanney Surveying and Engineering en 1975.

Pour l'instant, il y a suffisamment de travail sur la côte Ouest pour occuper les entreprises qui oeuvrent actuellement dans le domaine géoscientifique marin. Cependant, à part les projets de la B.C. Hydro en cours, aucun autre travail d'une pareille ampleur n'est encore prévu. Un regain d'intérêt pour l'exploration pétrolière au large des côtes est toujours possible, et il se peut ainsi que l'on ait besoin de services géologiques et géophysiques marins dans le cadre des programmes d'observation de l'environnement et de génie des fonds marins. Cependant, la concurrence exercée par les sociétés qui sont déjà associées à l'industrie pétrolière de la côte Ouest, même si elles ne sont pas encore établies, sera vive. À moins d'un changement radical d'attitude et de priorité, il est peu probable que les ministères du gouvernement fédéral chargés de ressources augmentent considérablement les contrats adjugés à des experts-conseils dans le domaine géoscientifique marin.

On trouve à Vancouver de nombreuses sociétés reconnues pour leur compétence dans le domaine du génie géotechnique terrestre. À mesure que s'accroît le nombre de projets sur le bord de la mer ou au large des côtes, leurs compétences dans le domaine marin sont de plus en plus recherchées. Toutefois, la hausse des coûts des travaux en milieu marin et, dans certains cas, les expériences négatives qu'elles ont connues par le passé rendent ces sociétés méfiantes. Les progrès technologiques ont grandement amélioré la qualité des données géophysiques, à un point tel qu'il est maintenant possible d'obtenir des renseignements utiles dans la plupart des conditions. Les institutions géotechniques traditionnelles commencent à accepter les petites sociétés qui se spécialisent dans le domaine géoscientifique marin, ce qui représente probablement le meilleur espoir pour l'avenir.

Les eaux de la côte Ouest du Canada constituent un laboratoire sans égal pour la recherche et la mise en valeur en milieu marin. Les deltas des grandes rivières et les eaux profondes protégées par les versants abrupts des fjords, qui sont accessibles et utilisables l'année durant, sont deux des nombreux avantages dont l'industrie pourrait tirer profit. Cependant, à bien des égards, les sciences de la Terre en milieu marin sont en déclin sur la côte Ouest. La participation des gouvernements, de l'industrie et des universités à une importante étude commune serait peut-être un moyen de sortir de ce marasme. La stabilité des sédiments marins est un problème irritant qui se pose dans presque tous les projets de construction entrepris au large des côtes. L'étude de ce problème, qui ferait appel aux ressources de toutes les disciplines des sciences marines, pourrait produire des résultats d'importance considérable pour plusieurs grands projets en cours ou prévus.

LES ÉTUDES TECHNIQUES ET CONCEPTUELLES

— J.I. Clark

Les disciplines géoscientifiques marines ont un rôle important à jouer dans la conception de structures viables en milieu marin. La compréhension des processus géologiques et la connaissance des propriétés techniques importantes (caractéristiques de la résistance et de la déformation, perméabilité, consolidation) des matériaux des fonds marins sont des préalables essentiels à la conception des structures et des installations marines.

Parmi les objets en voie de planification ou, dans certains cas, déjà en cours, il faut mentionner les plates-formes d'exploration et de production reposant sur les fonds marins, les pipelines sous-marins, les tunnels, les cavernes d'entreposage et les îles artificielles. Il faudra peut-être avoir recours à ces installations dans plusieurs régions marines du Canada qui présentent un milieu géologique complexe et dans lesquelles les propriétés des matériaux sont mal connues. La présence de pergélisol et d'hydrates de gaz dans la mer de Beaufort augmente la complexité de ce milieu. On ne connaît ni l'emplacement ni les propriétés des matériaux granulaires sous-marins pouvant être utilisés à des fins de construction, sauf à des endroits très précis.

Une des pierres d'achoppement de l'acquisition de données détaillées sur les propriétés des matériaux du sous-sol marin est le coût exceptionnellement élevé des programmes d'exploration. Il en résulte que ces programmes sont extrêmement limités lorsqu'on les compare aux travaux semblables réalisés sur la terre ferme. Ces programmes aboutissent, dans le meilleur des cas, à la conception de structures coûteuses dont les spécifications dépassent de beaucoup les normes requises, cela en prévision des variations du profil et des propriétés du sol qui n'auraient peut-être pas été détectées par les travaux d'exploration sur le terrain et, au pire, à la conception de structures qui ne sont pas compatibles avec les conditions réelles du milieu. En même temps, l'importance des coûts incite fortement l'industrie à se doter des moyens lui permettant de puiser des données utiles sur les propriétés des sols dans d'autres domaines géoscientifiques, comme les levés géophysiques, et à mettre au point des outils d'exploration géotechnique plus efficaces et prolifiques. L'étude d'autres sections du présent document indique que divers organismes gouvernementaux ont réussi à établir d'excellentes relations de travail interministérielles et ont identifié les sphères de responsabilité susceptibles d'aider à la réalisation de travaux géoscientifiques marins en commun dans tous les milieux marins du Canada. Il semblerait, d'après ces rapports, qu'il existe un noyau important d'information et d'expérience et que le mécanisme nécessaire pour contrôler et réglementer les activités industrielles et fournir des données de base scientifiques en milieu marin soit déjà en place. Cependant, la base de données géotechniques nécessaire à l'élaboration ou à l'évaluation de projets précis manque. L'industrie a déjà réalisé des études ponctuelles qui se rattachent à des constructions particulières, comme les îles artificielles de la mer de Beaufort. Il n'existe toutefois aucun modèle qui mette en relation la base de données géoscientifiques établie avec des paramètres géotechniques importants, pas plus qu'il n'existe des données qui permettraient d'en élaborer un.

En admettant que les efforts de recherche et de développement de l'industrie canadienne sont une indication de la capacité canadienne de mettre sur pied et d'appliquer des projets de construction en milieu marin, alors la main-d'oeuvre technique disponible semble insuffisante pour répondre aux besoins des projets qui sont actuellement au stade de la planification. Le nombre total d'années-personnes consacrées par le secteur privé à la R-D en sciences de la Terre en milieu marin en 1976 a été estimé à 67 dans le rapport sur l'inventaire des ressources en R-D dans le domaine du génie en milieu marin, dont il a déjà été question. Ainsi donc, le Canada est beaucoup plus en mesure de réglementer et de contrôler la mise en valeur de ses régions marines et d'obtenir des données scientifiques relatives à la ligne de base, comme en témoignent les travaux et les relations mutuelles entre les divers ministères gouvernementaux, que d'établir des plans de projets réalistes. À moins de faire des efforts importants pour élaborer une base de données géotechniques et l'intégrer à la base de données géoscientifiques marines de manière à pouvoir l'utiliser pour résoudre des problèmes de construction, il sera

peut-être impossible d'atteindre les objectifs des projets qui sont actuellement en voie de planification. Ces efforts consisteraient à mettre au point des techniques permettant de rehausser les données géoscientifiques marines disponibles, par exemple en déterminant des propriétés techniques importantes à partir des résultats des levés géophysiques, à élaborer des modèles géologiques et géotechniques pour différents contextes géologiques marins, à améliorer les techniques d'échantillonnage et d'essai *in situ* pour les rendre plus rentables et à mettre en oeuvre un programme accéléré de recherches géotechniques dans les régions où les perspectives de mise en valeur sont les plus favorables. L'application de ce programme réclamerait une majoration importante des crédits consentis par le gouvernement et l'industrie*. Ces sommes d'argent devront servir à recueillir des données essentielles en sciences de la Terre en milieu marin, mais elles devront aussi permettre d'élargir la base de données géotechniques. Il est possible d'augmenter progressivement beaucoup de programmes scientifiques, afin d'obtenir des données géotechniques fiables à un coût supplémentaire relativement faible. Des exemples du type de données géotechniques dont on a besoin et de leur application à des travaux de construction sont donnés dans les actes de la première conférence canadienne sur le génie géotechnique marin qui s'est tenue à Calgary en avril 1979, que l'on peut se procurer par l'entremise de la Société canadienne de géotechnique.

En février 1981, le Sous-comité chargé de la mécanique des sols et des roches du Comité associé de la recherche géotechnique du Conseil national de recherches du Canada a présenté en comité associé un document qui contenait un rapport préparé par le Groupe de travail sur la géotechnologie marine au Canada. Ce groupe de travail, établi par le sous-comité, était présidé par M. P.G. Sly, du ministère de l'Environnement. Les auteurs du rapport cernent les principaux besoins en R-D dans le domaine de la géotechnologie marine et discutent de diverses stratégies qui pourraient servir à rehausser le niveau de la R-D au Canada. Ils proposent que soit envisagée la possibilité de constituer une société autonome qui serait financée conjointement par le secteur privé et le gouvernement et à laquelle les universités apporteraient également une contribution importante. Une telle entreprise s'inscrirait apparemment dans la politique de R-D énoncée par le ministère d'État aux Sciences et à la Technologie et pourrait bien donner à la R-D géotechnique l'impulsion requise pour favoriser l'essor des activités marines au Canada au cours des prochaines décennies.

	Sources de financement		Chercheurs	
	Actuellement (1979) (%)	D'ici 1985 (%)	Actuellement (%)	D'ici 1985 (%)
Industrie	35,8	50,0	44,2	63,0
Gouv. fédéral	38,9	33,3	25,5	15,6
Gouv. provinciaux	6,9	6,6	3,6	2,5
Universités	4,4	2,5	0,8	0,5
Total	2,5 milliards de \$		7,6 milliards de \$	

Aucune indication n'est donnée en ce qui concerne les dépenses visées par domaine d'application pour 1985. Parmi les dépenses actuellement engagées dans la R-D en sciences et en technologie, près de 2,5 % sont consacrées au domaine des "océans".

LE PROJET RELATIF AUX FONDS MARINS – R.W. Hutchins

Note de la rédaction

Ce projet a été mentionné par plusieurs des auteurs qui ont contribué à la rédaction du présent rapport. Il s'agit effectivement d'un exemple remarquable (et un des très rares) de ce que pourrait être, et devrait être, la collaboration entre les gouvernements, le secteur privé et les universités. Les rédacteurs ont donc pensé que les détails de ce projet intéresseraient vivement le lecteur.

Projet

Le projet des fonds marins est un programme de recherche et de développement à caractère multidisciplinaire et thématique. Entrepris en 1974, il avait pour but de mettre au point des méthodes plus rentables pour dresser des cartes très fidèles et de qualité supérieure des 200 premiers mètres des fonds marins, dans les conditions météorologiques et marines qui se rencontrent généralement sur les plateaux continentaux et les marges continentales du Canada. Il repose sur des idées avancées par la Hunttec ('70) Limited dans le cadre d'une proposition non sollicitée; il a été exécuté jusqu'ici par des équipes de scientifiques et d'ingénieurs provenant de la société Hunttec, de l'Université Memorial, d'autres universités, du Laboratoire océanographique de l'Atlantique, du Centre de recherches pour la défense, section de l'Atlantique, et du Conseil national de recherches, Division du génie électrique.

La direction scientifique du projet et de l'équipe de recherche principale est confiée à des scientifiques usagers qui ont à leur tête M. L.H. King du Centre géoscientifique de l'Atlantique du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources et à des scientifiques et ingénieurs de la Hunttec ('70) Limited qui ont leurs bureaux à l'Institut océanographique de Bedford et à Toronto. Un chercheur de l'IKU (Institut for Kontinentalsoekkelundersokelser – Institut du plateau continental), de Norvège, en résidence au Canada, s'est joint au groupe de M. L.H. King au Centre géoscientifique de l'Atlantique, pour une durée d'un an.

Ce projet se distingue par la façon dont il a su rallier des scientifiques de diverses provenances autour d'un objectif commun. Le Programme de cartographie géologique régionale dirigé par le Centre géoscientifique de l'Atlantique a permis d'obtenir environ 70 000 km linéaires de données sur le plateau continental canadien. Le financement du programme a été assuré par les ministères de l'Énergie, des Mines et des Ressources, des Pêches et des Océans, de la Défense nationale, et des Approvisionnements et Services à même la Caisse des propositions non sollicitées, et le Conseil national de recherches. Le travail exécuté à l'Université Memorial a été financé au moyen d'un sous-contrat de la Hunttec et à l'aide d'une subvention stratégique du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie.

Téledétection acoustique quantitative des fonds marins

Une des méthodes bien établies et hautement perfectionnées que l'on utilise en prospection sismique profonde consiste à soumettre à un traitement numérique des signaux l'inversion de données sismiques multi-canaux, afin de produire des spectres fréquence-profondeur, des spectres

* *Addenda de l'auteur:* En janvier 1981, le ministère d'État aux Sciences et à la Technologie a réaffirmé l'intention du gouvernement d'augmenter le niveau de la R-D à 1,5 % du PNB; de plus, il a annoncé des changements majeurs du côté des sources de financement et des exécutants de la recherche, ainsi qu'une majoration appréciable des niveaux de financement. Voici en quoi consisteront ces changements.

vitesse-profondeur et d'autres paramètres géologiques. Depuis peu, on emploie également cette technique pour des systèmes multi-canaux à haute résolution et à pénétration moyenne.

Dans les recherches dont il est question ci-dessous, on a appliqué un traitement numérique des signaux à l'inversion de données sismiques à très haute résolution au moyen de fréquences d'échantillonnage allant jusqu'à 50 kHz, afin d'estimer les paramètres de modèles de dispersion géo-acoustique, appelés éléments de réflectivité.

Les éléments de réflectivité produits en temps réel, de même que les enregistrements graphiques, permettent la détermination des frontières litho-stratigraphiques, l'étude de la dureté, de la variabilité, de la stabilité, de la profondeur et de la nature du terrain de recouvrement des fonds marins, et de dresser la carte des propriétés acoustiques des sédiments profonds. Ils servent également de paramètres dans l'élaboration des modèles prévisionnels utilisés pour prévoir la propagation du son dans l'océan.

Ce document décrit les progrès récemment accomplis et la recherche en cours en télédétection acoustique quantitative des fonds marins et du sous-sol marin, dans le cadre du projet des fonds marins. On utilise des profileurs de sismique-réflexion spécialement conçus à cette fin et installés dans un poisson remorqué sous-marin, ainsi que des méthodes de traitement numérique des signaux qui ont été mises au point depuis cinq ans dans le cadre du projet. Cette technique a été utilisée en association avec d'autres méthodes afin de faciliter la cartographie litho-stratigraphique dans le cadre de l'étude de la géologie de surface du plateau de l'Est canadien.^{1 2 3} Grâce à elle, l'ingénieur des fonds marins et l'expert en géologie marine obtiennent des données utiles qui leur sont inaccessibles au moyen des autres méthodes en usage. En outre, elle offre beaucoup de possibilités d'amélioration par voie de la recherche. Elle est basée sur l'inversion de données sismiques à un seul canal afin de produire des "éléments de réflectivité" sur la trajectoire du poisson remorqué.^{4 5 6 7} Chaque élément de réflectivité correspond à la mesure d'un paramètre donné d'un modèle géo-acoustique, comme un modèle à deux couches semi-infinies. La profondeur d'eau, l'impédance acoustique obtenue par mesure de la réflectivité,

la rugosité des fonds à faible échelle obtenue par mesure de l'énergie dispersée, la profondeur et la réflectivité de la première couche du sous-sol marin, ainsi que l'atténuation acoustique dépendante de la fréquence à l'intérieur du terrain de recouvrement sont des éléments de réflectivité. Chaque élément de réflectivité est calculé d'après la série temporelle des réflexions, la fonction de la source, qui consiste en une description mathématique de la distribution spatio-temporelle des ondes acoustiques produites par la source, ainsi que la profondeur, l'attitude et la vitesse verticale du poisson remorqué, enregistrée par une batterie de détecteurs installée dans le poisson.⁸

Chaque élément de réflectivité est sensible à une caractéristique ou à un détail particulier des fonds marins et peut donc servir directement à la préparation de cartes spéciales. Les propriétés statistiques des éléments de réflectivité en soi rendent compte du degré de variabilité; elles se sont avérées particulièrement utiles dans la mise sur pied de programmes d'échantillonnage plus efficaces, ayant permis de réaliser des économies de temps et d'argent appréciables dans le levé d'une région. Convenablement dosés, plusieurs éléments de réflectivité forment un vecteur détail qui, conjugué à des méthodes de reconnaissance des formes, permet de différencier les diverses unités lithologiques identifiées dans le cadre d'un programme d'échantillonnage.⁹

Enfin, les éléments de réflectivité obtenus par inversion servent de paramètres dans l'élaboration des modèles prévisionnels qui permettent de prévoir la courbe de propagation du son dans l'océan, à des fins de défense.^{10 11}

Aujourd'hui, certains éléments de réflectivité sont calculés directement par l'ordinateur et figurent à côté des enregistrements graphiques de la section sismique.⁴ On tente d'améliorer les logiciels de manière à ce qu'ils puissent calculer directement et afficher les éléments de réflectivité qui, actuellement, doivent être mesurés hors ligne d'après des enregistrements magnétiques, et d'appliquer cette technique à des données multi-canaux afin d'estimer les courbes de variation de la vitesse du son avec la profondeur au moyen de réflexions à grand angle.

BIBLIOGRAPHIE SÉLECTIVE

AVANT-PROPOS

1. Neale, E.R.W., Clague, A.C., and Wynne-Edwards, H.R.
1975: Geosciences in Canada 1974; Status Report prepared by the Canadian Geoscience Council; Geological Survey of Canada, Paper 75-6, 51 p.

APERÇU, CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

1. Sly, P., Shields, D., and Mulligan, V.
1981: Report: Task Force on Marine Geotechnology in Canada, presented to the Associate Committee on Geotechnical Research, L. Gold, Chairman.

INTRODUCTION

Les régions marines du Canada: G.E. Reinson

1. Bostock, H.S.
1970: Physiographic subdivisions of Canada, in *Geology and Economic Minerals of Canada*, ed. R.J.W. Douglas; Geological Survey of Canada, Economic Geology Report, no. 1, p. 9-30.
2. Canadian Hydrographic Service
1970: Pilot of Arctic Canada, v. I; Fisheries and Marine Service, Environment Canada, Ottawa.
3. – Tide and Current Tables, 6 volumes; Fisheries and Marine Service, Environment Canada, Ottawa.
4. Cooper, E.J., McColl, R.E., and Smith, F.
1971: Measurements of Canada's Coastline; Canadian Hydrographic Service, unpublished manuscript (cited in Owens, 1977).
5. Douglas, R.J.W., ed.
1970: Introduction, in *Geology and Economic Minerals of Canada*; Geological Survey of Canada, Economic Geology Report, no. 1, p. 1-8.
6. Rand McNally & Co.
1978: Goode's World Atlas, 15th Edition.
7. Inman, D.L. and Nordstrom, C.E.
1971: On the tectonic and morphologic classification of coasts; *Journal of Geology*, v. 79, p. 1-21.
8. Owens, E.H.
1977: Coastal environments of Canada: the impact and cleanup of oil spills; Fisheries and Environment Canada, Report EPS-3-EC-77-13.

La mer et les sciences de la Terre: quelques observations sur les réalisations canadiennes: M.J. Keen

1. Amos, C.L. and Alfoldi, T.T.
1979: The determination of suspended sediment concentration in a macrotidal system using Landsat data; *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 49, p. 159-173.

2. Amos, C.L. and Long, B.F.N.
1980: The sedimentary character of Minas Basin, Bay of Fundy; in *The Coastline of Canada*, ed. S.B. McCann; Geological Survey of Canada, Paper 80-10, p. 123-152.
3. Arctic Petroleum Operators' Association
1971: Geological sampling and analytical program – Beaufort Sea; APOA project no. 4 compiled by M.M. Lerand, Gulf Oil Canada.
4. Aumento, F., Ade-Hall, J.M., and Keen, M.J.
1975: 1974 – The year of the Mid-Atlantic Ridge; *Reviews of Geophysics*, v. 13, p. 53-66.
5. Aumento, F., Loncarevic, B.D., and Ross, D.I.
1971: Hudson geotraverse: geology of the Mid-Atlantic Ridge at 45°N; *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A*, v. 268, p. 623-650.
6. Barr, S.M. and Chase, R.L.
1974: Geology of the northern end of Juan de Fuca Ridge and sea-floor spreading; *Canadian Journal Earth Sciences*, v. 11, p. 1384-1406.
7. Barrett, D.L. and Keen, C.E.
1976: Mesozoic magnetic lineations, the magnetic quiet zone, and seafloor spreading in the northwest Atlantic; *Journal of Geophysical Research*, v. 81, p. 4875-4884.
8. Barss, M.S., Bujak, J.P., and Williams, G.L.
1979: Palynological zonation and correlation of sixty-seven wells, eastern Canada; Geological Survey of Canada, Paper 78-24.
9. Beaumont, C., Keen, C.E., and Boutilier, R.
On the evolution of rifted continental margins – comparisons of models and observations for the Nova Scotia margin; *Geophysical Journal*. (in press)
10. Bowen, A.J.
1980: Simple models of nearshore sedimentation; beach profiles and longshore bars; in *The Coastline of Canada*, ed. S.B. McCann; Geological Survey of Canada, Paper 80-10, p. 1-11.
11. Bower, M.E.
1961: Sea magnetometer surveys of the Grand Banks of Newfoundland, Burgeo Bank and St. Pierre Bank; Geological Survey of Canada, Paper 61-30.
12. Buckley, D.E., Owens, E.H., Schafer, C.T., Vilks, G., Cranston, R.E., Rashid, M.A., Wagner, F.J.E., and Walker, D.A.
1974: Canso Strait and Chedabucto Bay: a multi-disciplinary study of the impact of man on the marine environment; Geological Survey of Canada, Paper 74-30, v. 1, p. 133-160.
13. Chase, R.L., Tiffin, D.L., and Murray, J.W.
1975: The western Canadian continental margin; *Canadian Society of Petroleum Geology, Memoir 4*, p. 701-721.

14. Cheung, H.P.Y. and Clowes, R.M.
1981: Crustal Structure from P- and S-wave analyses: ocean bottom seismometer results in the NE Pacific; *Geophysical Journal*, v. 65, p. 47-73.
15. Clague, J.J., Gardner, R.H., Ricker, K.E., and Donley, M.W.
1977: Bibliography of marine geoscience information, Pacific regions of Canada 1900-1976; Geological Survey of Canada, Paper 77-22, 43 p.
16. Clague, J.J. and Lutermaier, J.L.
1982: Excursion 30A: Late Quaternary sedimentary environments, southwestern British Columbia; Guidebook 11th International Congress on Sedimentology, McMaster University, Hamilton, Ont., Aug. 22-27, 1982.
17. Clarke, D.B.
1970: Tertiary basalts of Baffin Bay: possible primary magma from the mantle; *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 25, p. 203-224.
18. Croasdale, K.R. and Marcellus, R.W.
1978: Ice and wave action on artificial islands in the Beaufort Sea; *Canadian Journal of Civil Engineering*, v. 5, p. 99-113.
19. Dahl, W.H.
1925: Tertiary fossils dredged off the northeastern coast of North America; *American Journal of Science, Series 5*, v. 10, p. 213-218.
20. Dainty, A.M., Keen, C.E., Keen, M.J., and Blanchard, J.E.
1966: Review of geophysical evidence on crust and upper mantle structure on the eastern seaboard of Canada; in *The Earth Beneath the Continents*, ed. J.S. Steinhart and J.J. Smith; American Geophysical Union, Washington, D.C., p. 349-369.
21. Dalrymple, R.W., Knight, R.J., and Middleton, G.V.
1975: Intertidal sand bars in Cobequid Bay, (Bay of Fundy); *Estuarine Research*, v. 2, p. 293-307.
22. Dawes, P.R. and Kerr, J.W., ed.
1982: Nares Strait and the Drift of Greenland: A Conflict in Plate Tectonics; *Meddelelser om Gronland, Geoscience 8*.
23. Drapeau, G.
1970: Sand waves on Brown's Bank observed from the **Shelf Diver**; *Maritime Sediments*, v. 6, p. 90-101.
24. Eaton, R.M., Wells, D.E., and Stuijbergen, N.
1976: Satellite navigation in hydrography; *International Hydrographic Review*, v. 53, p. 99-116.
25. Eliuk, L.S.
1978: The Abenaki Formation, Nova Scotia Shelf, Canada - a depositional and diagenetic model for a Mesozoic carbonate platform; *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, v. 26, p. 424-514.
26. Energy, Mines and Resources Canada
1979: Offshore exploration: information and procedures for offshore operators; Resource Management Branch, Report EI79-4, 105 p.
27. Fader, G., King, L.H., and Josenhans, H.
Surficial geology of the Laurentian Channel and the western Grand Banks of Newfoundland; Geological Survey of Canada, Paper. (in press)
28. Fortier, Y.O. and Morley, L.W.
1956: Geological unity of the Arctic Islands; *Transactions of the Royal Society of Canada, Series III*, v. 50, p. 3-12.
29. Fyfe, W.S.
1981: The environmental crisis: quantifying geosphere interactions; *Science*, v. 213, p. 105-109.
30. Given, M.M.
1977: Mesozoic and Cenozoic geology of offshore Nova Scotia; *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, v. 25, p. 63-91.
31. Godby, E.A., Baker, R.C., Bower, M.E., and Hood, P.J.
1966: Aeromagnetic reconnaissance of the Labrador Sea; *Journal of Geophysical Research*, v. 71, p. 511-517.
32. Goldie, R. and Bottrill, T.J.
1981: Seminar on sea-floor hydrothermal systems; *Geoscience Canada*, v. 8, p. 93-104.
33. Gradstein, F.M., Williams, G.L., Jenkins, W.A.M., and Ascoli, P.
1975: Mesozoic and Cenozoic stratigraphy of the Atlantic continental margin, Eastern Canada; *Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir 4*, p. 103-131.
34. Grant, A.C.
1969: Some aspects of the bedrock geology of Hudson Bay as interpreted from continuous seismic reflection profiles; Geological Survey of Canada, Paper 68-53, p. 136-143.
35. 1972: The continental margin off Labrador and eastern Newfoundland - morphology and geology; *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 9, p. 1394-1430.
36. Greenwood, B. and Hale, P.B.
1980: Depth of activity, sediment flux, and morphological change in a barred nearshore environment; in *The Coastline of Canada*, ed. S.B. McCann; Geological Survey of Canada, Paper 80-10, p. 89-109.
37. Haworth, R.T.
1981: Geophysical expression of Appalachian-Caledonide structure on the continental margins of North America; *Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir 7*, p. 429-446.
38. Hobson, G.D.
1968: Sedimentary seismic surveys over the water and lowlands of the Bay; in *Science, History and Hudson Bay*, ed. C.S. Beals; Department of Energy, Mines and Resources, v. 2, p. 615-628.
39. Hobson, G.D. and Joyce, J.
1978: Titles and abstracts of scientific papers supported by PCSP; Polar Continental Shelf Project, No. 3, catalogue no. M78-5/1978. Supply and Services Canada, Ottawa, Ont.

40. Hood, P.J.
1964: Sea magnetometer reconnaissance of Hudson Bay; *Geophysics*, v. 29, p. 916-921.
41. 1966: Geophysical reconnaissance of Hudson Bay; Geological Survey of Canada, Paper 65-32.
42. 1969: Earth science symposium on Hudson Bay; Geological Survey of Canada, Paper 68-53, 385 p.
43. 1973: Earth Science symposium on offshore eastern Canada; Geological Survey of Canada, Paper 71-23, 652 p.
44. Hunter, J.A.M. and Blasco, S.M.
1979: High resolution geophysics in Canada - a review; *Proceedings, First Canadian Conference on Marine Geotechnical Engineering*, Calgary, Alberta, April 1979, p. 95-124.
45. Hunter, J.A.M., Judge, A.S., Macaulay, H.A., Good, R.L., Gagne, R.M., and Burns, R.A.
1976: Permafrost and frozen sub-seabottom materials in the southern Beaufort Sea; Department of the Environment, Beaufort Sea Technical Report no. 22, 174 p.
46. Hunter, J.A.M., Neave, K.G., Macaulay, H.A., and Hobson, G.D.
1978: Interpretation of sub-seabottom permafrost in the Beaufort Sea by seismic methods, Parts 1 and 2; *Proceedings, Third International Conference on Permafrost*, Edmonton. National Research Council of Canada, Ottawa, Ont., v. 1, p. 515-526.
47. Huntley, D.A.
1980: Edge waves in a crescentic bar system; in *The Coastline of Canada*, ed. S.B. McCann; Geological Survey of Canada, Paper 80-10, p. 111-121.
48. Hyndman, R.D.
1975: Marginal basins of the Labrador Sea and the Davis Strait hot spot; *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 12, p. 1041-1045.
49. Hyndman, R.D. and Drury, M.J.
1976: The physical properties of oceanic basement rocks from deep drilling on the Mid-Atlantic Ridge; *Journal of Geophysical Research*, v. 81, p. 4042-4052.
50. Hyndman, R.D. and Rogers, G.C.
1981: Seismicity surveys with ocean bottom seismographs off western Canada; *Journal of Geophysical Research*, v. 86; p. 3867-3880.
51. Jackson, H., Reid, I., and Falconer, R.
Crustal structure near the Arctic Mid-Ocean Ridge; *Journal of Geophysical Research*. (in press)
52. Jansa, L.F., Enos, P., Tucholke, B.E., Gradstein, F.M., and Sheridan, R.E.
1979: Mesozoic-Cenozoic sedimentary formations of the North American Basin: western North Atlantic; in *Deep Drilling Results in the Atlantic Ocean: Continental Margins and Paleoenvironment*, ed. M. Talwani, W. Hay, and W.B.F. Ryan; Maurice Ewing Series 3, American Geophysical Union, p. 1-57.
53. Jansa, L.F. and Wade, J.A.
1975: Geology of the continental margin off Nova Scotia and Newfoundland; Geological Survey of Canada, Paper 74-30, v. 2, p. 51-105.
54. Johnston, W.A.
1921: Sedimentation of the Fraser River Delta; Geological Survey of Canada, Memoir 125.
55. Jones, P.B., Brache, J., and Lentin, J.K.
1980: The geology of the 1977 offshore hydrocarbon discoveries in the Beaufort-MacKenzie Basin, N.W.T.; *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, v. 28, p. 81-102.
56. 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*, v. 16, p. 505-522.
57. Keen, C.E., Barrett, D.L., Manchester, K.S., and Ross, D.I.
1971: Baffin Bay: an Ocean; *Nature*, v. 229, p. 551-553.
58. Keen, C.E. and Hyndman, R.D.
1979: Geophysical review of the continental margins of eastern and western Canada; *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 16, p. 712-747.
59. Keen, C.E. and Tramontini, C.
1970: A seismic refraction survey on the Mid-Atlantic Ridge; *Geophysical Journal*, v. 9, p. 159-163.
60. Keen, M.J., Johnson, J., and Park, I.
1972: Geophysical and geological studies in eastern and northern Baffin Bay and Lancaster Sound; *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 9, p. 689-708.
61. Keen, M.J., Loncarevic, B.D., and Ewing, G.N.
1970: Continental margin off eastern Canada; Georges Bank to Kane Basin; in *The Sea*, Wiley-Interscience, v. 4, p. 251-291.
62. King, L.H.
1967: On the sediments and stratigraphy of the Scotian Shelf; Geological Association of Canada, Special Paper 4, p. 71-92.
63. King, L.H. and Fader, G.B.
1976: Application of the Huntex deep tow high-resolution seismic system to surficial and bedrock studies - Grand Banks of Newfoundland; in *Report of Activities, Part C*; Geological Survey of Canada, Paper 76-1C, p. 5-7.
64. King, L.H. and MacLean, B.
1970: Observations on a Cretaceous outcrop from a submersible - Scotian Shelf; *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 7, p. 188-190.
65. 1976: Geology of the Scotian Shelf and adjacent areas; Marine Sciences Branch, Paper 7, and Geological Survey of Canada, Paper 74-31, 31 p.
66. Lane, F.H. and Jackson, K.S.
1980: Controls on occurrence of oil and gas in the Beaufort-Mackenzie Basin; *Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir 6*, p. 489-507.

67. Larochelle, A. and Morley, L.W.
1964: Paleomagnetism as a means of dating geological events; Royal Society of Canada, Special Publication, no. 8, p. 39-51.
68. Law, L.K. and Greenhouse, J.P.
Geomagnetic variation sounding of the asthenosphere beneath the Juan de Fuca Ridge; *Journal of Geophysical Research*. (in press)
69. Lefort, J.P. and Haworth, R.T.
1978: Geophysical study of basement fractures on the western European and eastern Canadian shelves: transatlantic correlation, and late Hercynian movements; *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 15, p. 397-404.
70. Lewis, C.F.M.
1978: The frequency and magnitude of drift-ice groundings from ice-scour tracks in the Canadian Beaufort Sea; in *Proceedings of the Fourth International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions*, Memorial University of Newfoundland, p. 568-579.
71. Lewis, C.P. and Forbes, D.L.
1975: Coastal sedimentary processes and sediments, southern Canadian Beaufort Sea; Department of the Environment, Beaufort Sea Report no. 24, 68 p.
72. Loncarevic, B.D., Mason, C.S., and Matthews, D.H.
1966: The Mid-Atlantic Ridge near 45°North I. The median valley; *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 3, p. 327-349.
73. Loring, D.H.
1975: Surficial geology of the Gulf of St. Lawrence; in *Offshore Geology of Eastern Canada*, ed. W.J. van der Linden and J.A. Wade; Geological Survey of Canada, Paper 74-30, v. 2, p. 11-34.
74. MacKay, J.R.
1972: Offshore permafrost and ground ice, southern Beaufort Sea, Canada; *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 9, p. 1550-1561.
75. 1981: Dating the Horton River breakthrough, District of Mackenzie; in *Current Research, Part B*, Geological Survey of Canada, Paper 81-1B, p. 129-132.
76. MacLean, B., Falconer, R., and Levy, E.
Geological, geophysical and chemical evidence for natural seepage of petroleum off the northeast coast of Baffin Island; *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*. (in press)
77. MacLean, B., Jansa, L.F., Falconer, R.K.H., and Srivastava, S.P.
1977: Ordovician strata on the southeastern Baffin Island Shelf revealed by shallow drilling; *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 14, p. 1925-1939.
78. McCann, S.B.
1979: Barrier islands in the southern Gulf of St. Lawrence, Canada; in *Barrier Islands - from the Gulf of St. Lawrence to the Gulf of Mexico*, ed. S.P. Leatherman; Academic Press, Inc., p. 29-63.
79. McCann, S.B., ed.
1980: The Coastline of Canada; Geological Survey of Canada, Paper 80-10, 437 p.
80. McCrossan, R.G.
1973: The Future Petroleum Provinces of Canada - Their Geology and Potential; *Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir 1*, 720 p.
81. McIver, N.L.
1972: Mesozoic-Cenozoic stratigraphy of the Scotian Shelf; *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 9, p. 54-70.
82. McLaren, P.
1980: The coastal morphology and sedimentology of Labrador: a study of shoreline sensitivity to a potential oil spill; Geological Survey of Canada, Paper 79-28, 41 p.
83. McMillan, N.J.
1973: Labrador Sea and Baffin Bay; *Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir 1*, p. 473-518.
84. McWhae, J.R.H. and Michel, W.F.E.
1975: Stratigraphy of Bjarni H-81 and Leif M-48, Labrador Shelf; *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, v. 23, p. 361-382.
85. Miall, A.D.
1980: Facts and principles of world petroleum occurrence; *Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir 6*, 1003 p.
86. Monger, J.W.H. and Price, R.A.
1979: Geodynamic evolution of the Canadian Cordillera - progress and problems; *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 16, p. 770-791.
87. Neave, K.G., Judge, A.S., Hunter, J.A.M., and MacAulay, R.H.
1978: Offshore permafrost distribution in the Beaufort Sea as determined from temperature and seismic observations; in *Current Research, Part A*, Geological Survey of Canada, Paper 78-1A, p. 13-18.
88. Normark, W.R., Piper, D.J.W., and Hess, D.R.
1979: Distributary channels, sand lobes, and mesotopography of Navy submarine fan, California Borderland, with application to ancient fan sediments; *Sedimentology*, v. 26, p. 749-774.
89. Officer, C.B. and Ewing, M.
1954: Geophysical investigations of the emerged and submerged Atlantic coastal plain, Part VII; *Geological Society of America, Bulletin* v. 65, p. 653-670.
90. Oldenburg, D.W.
1981: Conductivity structure of oceanic upper mantle beneath the Pacific plate; *Geophysical Journal*, v. 65, p. 359-394.
91. Owens, E.H.
1974: A framework for the definition of coastal environments in the southern Gulf of St. Lawrence; Geological Survey of Canada, Paper 74-30, p. 47-76.

92. Owens, E.H., Taylor, R.B., Miles, M., and Forbes, D.L.
1981: Coastal geology mapping: an example from the Sverdrup Lowland, District of Franklin; in *Current Research, Part B, Geological Survey of Canada, Paper 81-1B*, p. 39-48.
93. Parrott, D.R., Dodds, D.J., King, L.H., and Simpkin, P.G.
1980: Measurement and evaluation of the acoustic reflectivity of the sea floor; *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 17, p. 722-737.
94. Pelletier, B.R.
1966: Development of submarine physiography in the Canadian Arctic and its relationship to crustal movements; in *Continental Drift*, ed. G.D. Garland; Royal Society of Canada, Special Publication, no. 9, p. 77-101.
95. 1975: Sediment dispersal in the southern Beaufort Sea; Beaufort Sea Project, Environment Canada; Beaufort Sea Technical Report no. 25a, 80 p.
96. 1979: Review of surficial geology and engineering hazards in the Canadian offshore; *Maritime Sediments*, v. 15, nos. 2 and 3, p. 55-91.
97. Powell, T.G. and Snowdon, L.R.
1979: Geochemistry of crude oils and condensates from the Scotian Basin, offshore eastern Canada; *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, v. 27, p. 453-466.
98. Press, F. and Beckmann, W.
1954: Geophysical investigations in the emerged and submerged Atlantic coastal plain. Part III; *Geological Society of America, Bulletin* v. 65, p. 299-314.
99. Purcell, L.P., Umpleby, D.C., and Wade, J.A.
1980: Regional geology and hydrocarbon occurrences off the east coast of Canada; *Canadian Society of Petroleum Geology, Memoir* 6, p. 551-566.
100. Quinlan, G. and Beaumont, C.
1981: A comparison of observed and theoretical post glacial relative sea level in Atlantic Canada; *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 18, p. 1146-1163.
101. Rashid, M.A. and McAlary, J.D.
1977: Early maturation of organic matter and genesis of hydrocarbons as a result of heat from a shallow piercement salt dome; *Journal of Geochemical Exploration*, v. 8, p. 549-569.
102. Reinson, G.E.
1979: Facies models 6. Barrier island system; in *Facies Models*, Geoscience Canada, Reprint Series 1, ed. R.G. Walker, p. 57-74.
103. Ricker, W.E.
1975: The Fisheries Research Board of Canada - seventy-five years of achievements; *Journal of Fisheries Research Board of Canada*, v. 32, p. 1465-1490.
104. Ricketts, N.G. and Trask, P.D.
1932: The "Marion" Expedition to Davis Strait and Baffin Bay 1928. Scientific results, part I: the bathymetry and sediments of Davis Strait; U.S. Treasury Department, Coast Guard Bulletin no. 19.
105. Riddihough, R.P.
1977: A model for recent plate interactions off Canada's west coast; *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 14, p. 384-396.
106. Ruffman, A.S., Hobson, G.D., and Keen, M.J.
1968: A seismic study of the crust and mantle beneath the Bay; in *Science, History and Hudson Bay*, ed. C.S. Beals, Department of Energy, Mines and Resources, v. 2, p. 629-641.
107. Sanford, B.V. and Norris, A.W.
1973: The Hudson platform; *Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir* 1, p. 387-411.
108. Schenk, P.E.
1971: Southeastern Atlantic Canada, northwestern Africa, and continental drift; *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 8, p. 1218-1251.
109. Serson, P.H.
1961: Proton precession magnetometer; *Canadian patent* no. 618762.
110. Shearer, J.M., Macnab, R.F., Pelletier, B.R., and Smith, T.B.
1971: Submarine pingos in the Beaufort Sea; *Science*, v. 174, p. 816-818.
111. Shepard, F.P.
1931: Saint Lawrence (Cabot Strait) submarine trough; *Geological Society of America, Bulletin* v. 42, p. 853-864.
112. Sherwin, D.F.
1973: Scotian Shelf and Grand Banks; *Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir* 1, p. 519-560.
113. Shouldice, D.H.
1973: Western Canadian continental shelf; *Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir* 1, p. 7-36.
114. Snowdon, L.R.
1980: Resinite - a potential petroleum source in the Upper Cretaceous/Tertiary of the Beaufort-Mackenzie Basin; *Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir* 6, p. 509-521.
115. Sobczak, L.W., Stephens, L.E., Winter, P.J., and Hearty, D.B.
1973: Gravity measurements over the Beaufort Sea, Banks Island and Mackenzie Delta; Department of Energy, Mines and Resources, Earth Physics Branch, Gravity Map Series.
116. Srivastava, S.P.
1978: Evolution of the Labrador Sea and its bearing on the early evolution of the North Atlantic; *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, v. 52, p. 313-357.
117. Srivastava, S.P. and Falconer, R.K.H.
1982: Nares Strait: a conflict between plate tectonic predictions and geological interpretation; in *Nares Strait and the Drift of Greenland: A Conflict in Plate Tectonics*, ed. P.R. Dawes and J.W. Kerr; Meddeleser om Gronland, Geoscience 8.

118. Stetson, H.C.
1936: Geology and paleontology of the Georges Bank canyons. Part 1, Geology; Geological Society of America, Bulletin, v. 47, p. 339-366.
 119. Sweeney, J.F., ed.
1978: Arctic geophysical review; Publications of the Earth Physics Branch, v. 45, no. 4, 108 p.
 120. Swift, J.H. and Williams, J.A.
1980: Petroleum source rocks: Grand Banks area; Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir 6, p. 567-588.
 121. Syvitski, J.P.M. and Macdonald, R.D.
Sediment character and provenance in a complex fjord: Howe Sound, British Columbia; Canadian Journal of Earth Sciences. (in press)
 122. Taylor, R.B.
1980: Coastal reconnaissance for marine terminal planning in the Sverdrup Basin, Northwest Territories; Geological Survey of Canada, Open File 695, 150 p.
 123. 1977: The occurrence of grounded ice ridges and shore ice piling along the northern coast of Somerset Island, N.W.T.; Arctic, v. 31, p. 133-149.
 124. Tiffin, D.L., Cameron, B.E.B., and Murray, J.W.
1972: Tectonics and depositional history of the continental margin off Vancouver Island, British Columbia; Canadian Journal of Earth Sciences, v. 9, p. 280-296.
 125. Umpleby, D.C.
1979: Geology of the Labrador Shelf; Geological Survey of Canada, Paper 79-13, 34 p.
 126. Upham, W.
1894: The fishing banks between Cape Cod and Newfoundland; American Journal of Science, Series 3, v. 47, p. 123-129.
 127. Verrill, A.E.
1878: Occurrence of fossiliferous Tertiary rocks on the Grand Banks and Georges Bank; American Journal of Science, Series 3, v. 16, p. 323-324.
 128. Vilks, G. and Mudie, P.G.
1978: Early deglaciation of the Labrador Shelf; Science, v. 202, p. 1181-1183.
 129. Vilks, G., Wagner, F.J.E., and Pelletier, B.R.
1979: The Holocene marine environment of the Beaufort Sea; Geological Survey of Canada, Bulletin 303, 43 p.
 130. Yorath, C.J. and Chase, R.L.
The tectonic history of the Queen Charlotte Islands and adjacent areas - a model; Canadian Journal of Earth Sciences. (in press)
 131. Yorath, C.J. and Norris, D.K.
1975: The tectonic development of the southern Beaufort Sea and its relationship to the origin of the Arctic Ocean Basin; Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir 4, p. 589-611.
 132. Yorath, C.J., Shearer, J., and Havard, C.J.
1971: Seismic and sediment studies in the Beaufort Sea; in Report of Activities, Part A, Geological Survey of Canada, Paper 71-1A, p. 243-244.
 133. Yorath, C.J., Parker, E.R., and Glass, D.J.
1975: Canada's continental margins and offshore petroleum exploration; Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir 4, 897 p.
 134. Yorath, C.J., Tiffin, D.L., and Cameron, R.B.
1977: Submersible operations on the Pacific continental margin; in Current Research, Part A, Geological Survey of Canada, Paper 77-1A, p. 301-310.
 135. Young, F.G., Mahr, D.W., and Yorath, C.J.
1976: Geology of the Beaufort-Mackenzie Basin; Geological Survey of Canada, Paper 76-11.
 136. Whiteaves, J.F.
1901: Catalogue of the marine invertebrata of eastern Canada; Geological Survey of Canada, Ottawa, Ontario.
 137. Willmore, P.L. and Scheidegger, A.E.
1956: Seismic observations in the Gulf of St. Lawrence; The Royal Society of Canada, Transactions Series 3, v. 50, p. 21-38.
 138. Wilson, J.T.
1965: A new class of faults and their bearing on continental drift; Nature, v. 207, p. 343-347.
 139. Valliant, H.D.
1980: Marine navigation with the Lacoste and Romberg Inertial Platform; Geophysics, v. 46, p. 1469-1480.
- Les sciences de la Terre en milieu côtier et gestion de l'environnement: G.E. Reinson
1. McCann, S.B., ed.
1980: The Coastline of Canada, Littoral Processes and Shore Morphology; Geological Survey of Canada, Paper 80-10, 439 p.
 2. Skafel, M., ed.
1980: Proceedings of the Canadian Coastal Conference 1980; ACROSES, National Research Council, Ottawa, 460 p.
 3. Stevenson, J.C., ed.
1976: Lake Erie in the Early Seventies; Special Issue, Journal of the Fisheries Research Board of Canada, v. 33, no. 3, p. 349-645.
 4. Pelletier, B.R., ed.
1974: Offshore Geology of Eastern Canada, Volume 1 - Concepts and Applications of Environmental Marine Geology; Geological Survey of Canada, Paper 74-30, 160 p.
 5. Barrie, W.B., Bornhold, B.D., Hodgson, D.A., Jubb, R.G., McLaren, P., and Taylor, R.B.
1979: Coastal reconnaissance for marine terminal planning in the high Arctic, District of Franklin; Geological Survey of Canada, Open File Report 633.
 6. Taylor, R.B.
1980: Coastal reconnaissance for marine terminal planning in the Sverdrup Basin, Northwest Territories; Geological Survey of Canada, Open File Report 693.

7. Owens, E.H.
1977: Coastal Environments of Canada: the Impact and Cleanup of Oil Spills; Economic and Technical Report EPS-3-EC-77-13, Environmental Protection Service, Fisheries and Environment Canada, 413 p.
8. Owens, E.H.
1979: The Canadian Great Lakes: Coastal Environments and the Cleanup of Oil Spills; Economic and Technical Review Report EPS 3-EC-79-2, Environmental Protection Service, Fisheries and Environment Canada, 252 p.
9. —
Spill Technology Newsletter Published bi-monthly by the Environmental Emergency Branch, Environmental Protection Service, Ottawa.
10. AMOP
1978: Proceedings of the AMOP Technical Seminar, March 15-17, 1978; Environmental Protection Service, Fisheries and Environment Canada, Ottawa, 259 p.
11. AMOP
1979: Proceedings of the AMOP Technical Seminar, March 7-9, 1979; Environmental Protection Service, Fisheries and Environment Canada, Ottawa, 384 p. plus appendices.
12. —
ACROSES Bulletin Published periodically by the National Research Council of Canada, Ottawa.
13. Memorial University of Newfoundland
1979: Proceedings of the Symposium on Research in the Labrador Coastal and Offshore Region, May 8-10, 1979, St. John's, 291 p. plus addenda.
14. CCREM
1980: Proceedings of the Shore Management Symposium, October, 1978; Canadian Council of Resource and Environment Ministers, Suite 701, 60 Bloor Street West, Toronto, Ontario, M4W 3B8.

GOUVERNEMENT

Les organismes gouvernementaux, établissements et universités dans le Nord du Canada: C.P. Lewis

1. Acres Consulting Services Ltd.
1978: Inventory of Canadian Research and Development Capabilities for Engineering in Cold Regions; National Research Council, Ottawa, Ontario, 510 p.
2. Association of Canadian Universities for Northern Studies
1980: Preliminary List of Northern Field Facilities, 1980; ACUNS Occasional Publication no. 4, Ottawa, Ontario 25 p.
3. National Research Council
1979: Research and Development for Engineering in Cold Regions; NRC, DBR Special Technical Publication no. 5, Ottawa, Ontario, 78 p.
4. Department of Indian Affairs and Northern Development
1979: Summary of Proceedings, Seminar on Science and Research in the Yukon and the Northwest Territories; DIAND, Ottawa, Ontario, 30 p.

Discussions avec:

- B. Hubert, Executive Secretary, Science Advisory Board, Government of the N.W.T., Yellowknife.
- B. Scott, Science Administration Officer, Government of the N.W.T., Yellowknife.
- B. Padgham, Resident Geologist, DIAND, Yellowknife.
- B. Pelletier, Geological Survey of Canada, Ottawa.
- M. Lewis, Atlantic Geoscience Centre, Dartmouth.
- G. Hobson, Director, Polar Continental Shelf Project, Ottawa.

Les questions d'ordre juridique concernant la marge continentale du Canada: R.J. Harrison et I. Townsend-Gault

1. Minister of Energy, Mines and Resources
1980: House of Commons of Canada, Bill C-48; Queen's Printer for Canada, 55 p.

UNIVERSITÉS

Financement des universités: R.D. Johnson

1. Bolton, T.E.
1981: Current Research in the Geological Sciences in Canada, May 1979-April 1980; Geological Survey of Canada, Paper 80-5, 75 p.
2. Canadian Committee on Oceanography
1976: Report to the Committee on Grants and Scholarships, National Research Council of Canada on the Marine Science Facilities of Canadian Universities; unpublished report, 37 p.
3. Canadian Geotechnical Society
1979: Results of a Survey of Research in Geotechnics at Canadian Universities; The Associate Committee on Geotechnical Research of the National Research Council of Canada, Technical Memorandum no. 126, 116 p.
4. McCann, S.B. ed.
1980: The Coastline of Canada; Littoral Processes and Shore Morphology; Geological Survey of Canada, Paper 80-10, 439 p.
5. Natural Sciences and Engineering Research Council
1979: Information Publication: Research Grants in Areas of National Concern, p. 4, p. 26-32.

Sciences de la Terre en milieu marin dans les universités:

R. Châse, J.I. Clark, D.H. Shields, S.B. McCann, B. d'Anglejan, D.J.W. Piper et G.R. Peters.

1. Groupe Interuniversitaire de Recherches Océanographiques du Québec
1980: Rapport 1978-79, 84 p.
2. McCann, S.B., ed.
1980: The Coastline of Canada; Littoral Processes and Shore Morphology; Geological Survey of Canada, Paper 80-10, 439 p.

Les universités - la prochaine décennie: D.J.W. Piper

1. Fyfe, W.S.
1981: A summary of the workshop "The Next Decade of Earth Science in Canadian Universities" presented to the Canadian Geoscience Council.

INDUSTRIE

Introduction

1. Canadian Council of Professional Engineers
1980: Engineering Manpower Requirements 1980-2000 for Major Energy-Related Projects in Canada; prepared by Foster Research and Govier Consulting Services Ltd., 29 p.
2. National Research Council of Canada
1978: Inventory of Canadian Research and Development Capabilities for Engineering in Cold Regions; prepared by Acres Consulting Services Ltd. for the National Research Council of Canada, Contract No. 18SR 31077-7-0444.
3. Sly, P., Shields, D.H., and Mulligan, V.
1981: Report: Task Force on Marine Geotechnology in Canada, presented to the Associate Committee on Geotechnical Research, L. Gold, Chairman.

L'activité géophysique au Canada: M. Roth

1. Science Council of Canada Background Study no. 34, January 1976, Northern Development and Technology Assessment Systems; A study of petroleum development programs in the Mackenzie Delta-Beaufort Sea Region and Arctic Islands, by Robert F. Keith et al., Miracle Press Ltd., Oshawa.
2. Oil and Gas Activities, Indian and Northern Affairs, 1969 to 1978.
3. Offshore Report, Resource Management and Conservation Branch, Department of Energy, Mines and Resources, Ottawa, Issues 10 to 32 (1973-1980).
4. Oil and Gas Exploration Drilling and Production Summary, Ministry of Natural Resources, Ontario 1970 to 1977.
5. Nickle's Daily Oil Bulletin was invaluable in confirming the stories of various doodlebuggers.

(Nord du Canada)

Oilweek	Sept	8,	1969	v. 20	no. 29
	Dec	8,	1969	v. 20	no. 42
	Feb	22,	1971	v. 22	no. 1
	Sept	20,	1971	v. 22	no. 31
	Nov	1,	1971	v. 22	no. 37
	Dec	13,	1971	v. 22	no. 43
	Feb	14,	1972	v. 22	no. 52
	Apr	3,	1972	v. 23	no. 7
	June	12,	1972	v. 23	no. 17
	Jan	14,	1974	v. 24	no. 48
	Sept	30,	1974	v. 25	no. 33

(Ouest du Canada)

Oilweek	Apr	10,	1967	v. 18	no. 8
	May	13,	1968	v. 19	no. 13
	Mar	10,	1969	v. 20	no. 4
	Feb	22,	1971	v. 22	no. 2

(Canada central)

Oilweek	Aug	22,	1966	v. 17	no. 27
	Apr	10,	1967	v. 18	no. 8
	May	13,	1968	v. 19	no. 13
	Dec	8,	1969	v. 20	no. 42
	Apr	1,	1974	v. 25	no. 7
	Sept	30,	1973	v. 25	no. 33

(Est du Canada)

Oilweek	May	18,	1964	v. 15	no. 14
	Aug	22,	1966	v. 17	no. 27
	Apr	10,	1967	v. 18	no. 8
	Nov	6,	1967	v. 18	no. 38
	May	13,	1968	v. 19	no. 13
	Aug	4,	1969	v. 20	no. 24
	Sept	1,	1969	v. 20	no. 28
	May	4,	1970	v. 21	no. 11
	Feb	22,	1971	v. 22	no. 1
	May	3,	1971	v. 22	no. 11
	Aug	30,	1971	v. 22	no. 28
	Oct	4,	1971	v. 22	no. 33
	June	12,	1972	v. 23	no. 17
	May	19,	1975	v. 26	no. 14
	Sept	29,	1975	v. 26	no. 33
	Feb	9,	1981	v. 32	no. 1

Les entrepreneurs et experts-conseils dans le domaine des régions froides: J.I. Clark

1. National Research Council of Canada
1978: Inventory of Canadian Research and Development Capabilities for Engineering in Cold Regions, prepared by Acres Consulting Services Ltd. for the National Research Council of Canada, Contract No. 18SR 31077-7-0444.

Les études techniques et conceptuelles: J.I. Clark

1. W.J. Eden, ed.
1980: Proceedings: First Canadian Conference on Marine Geotechnical Engineering, April 25-27, 1979, Calgary, Alberta; organized by the Associate Committee on Geotechnical Research, National Research Council of Canada and the Canadian Geotechnical Society.
2. Sly, P., Shields, D.H., and Milligan, V.
1981: Report: Task Force on Marine Geotechnology in Canada, presented to the Associate Committee on Geotechnical Research, L. Gold, Chairman.

Le projet relatif aux fonds marins: R.W. Hutchins

1. King, L.H.
Aspects of regional surficial geology related to site investigation requirements - Eastern Canadian Shelf; in Offshore Site Investigation, Graham and Trotman Ltd., London.
2. Fader, G.B. and King, L.H.
1981: A reconnaissance study of the surficial geology of the Grand Banks of Newfoundland; in Current Research, Part A, Geological Survey of Canada, Paper 81-1A, p. 45-56.
3. King, L.H. and Fader, G.B.
1976: Application of the Huntec deep tow high resolution seismic system to surficial and bedrock studies - Grand Banks of Newfoundland; in Report of Activities, Part C, Geological Survey of Canada, Paper 76-1C, p. 5-7.

4. Parrott, D.R., Dodds, D.J., King, L.H., and Simpkin, P.G.
1980: Measurement and evaluation of the acoustic reflectivity of the sea floor; Canadian Journal of Earth Sciences, v. 17, no. 6, p. 722-737.
5. Cochrane, N.A. and Dunsiger, A.D.
1979: Seabed roughness characterization by broadband acoustic echo sounding; - Proceedings of Fifth International Conference on Port and Ocean Engineering Under Arctic Conditions; Trondheim, Norway.
6. Dunsiger, A.D., Cochrane, N.A., and Vetter, W.J.
Seabed roughness characterization with scattering models from broadband acoustic echo sounders; IEEE Journal of Oceanic Engineering. (in press)
7. Dodds, D.J.
Attenuation estimates from high resolution sub-bottom profiler echoes; SACLANT ASW Research Conference on Ocean Acoustics influenced by the Sea Floor, La Spezia, Italy, June 9-12, 1980; Plenum Press in NATO Conference Series. (in press)
8. Hutchins, R.W.
1978: Removal of tow fish motion noise from high resolution seismic profiles; SEG - U.S. Navy Symposium on Acoustic Imaging Technology and On Board Data Recording Processing Equipment; Bay St. Louis, Mississippi.
9. Dodds, D.J.
1978: Application of pattern classification techniques to ocean bottom echoes of broadband acoustic signals; Seabed Project Report no. H7807-04/SB/DJD.
10. Chapman, D.M.F. and Ellis, D.D.
Propagation loss modelling on the Scotian Shelf: the geo-acoustic model; SACLANT ASW Research Conference on Ocean Acoustics influenced by the Sea Floor, La Spezia, Italy, Jan 9-12, 1980; Plenum Press in NATO Conference Series. (in press)
11. Ellis, D.D. and Chapman, D.M.F.
Propagation loss modelling on the Scotian Shelf: comparison of model predictions with measurements; SACLANT ASW Research Conference on Ocean Acoustics influenced by the Sea Floor, La Spezia, Italy, Jan 9-12, 1980; Plenum Press in NATO Conference Series. (in press)