

Ser
Q1
C212s1
no. 16

21
1021251
#16
1971



Étude de documentation pour le Conseil des sciences du Canada

Septembre 1971
Étude spéciale
n° 16



Étude sur les sciences et la technologie de la mer

par R. W. Stewart et
L. M. Dickie

ANALYZED

**Le Canada
se tourne vers
l'océan**

**Étude sur
les sciences et
la technologie
de la mer**

ANALYZED

La devise du Canada est «a mari usque ad mare». La vision qu'elle évoque d'ordinaire est celle d'un socle continental vaste et varié, entouré par trois mers. Le présent rapport incite les Canadiens à voir leurs littoraux non comme des frontières, mais surtout comme des bases leur permettant de saisir les avantages et d'assumer les responsabilités d'une nation maritime.

APPENDICE I

©Droits de la Couronne réservés

En vente chez Information Canada à
Ottawa, et dans les librairies d'Infor-
mation Canada:

Halifax

1735, rue Barrington

Montréal

1182 ouest, rue S^{te}-Catherine

Ottawa

171, rue Slater

Toronto

221, rue Yonge

Winnipeg

499, avenue Portage

Vancouver

657, rue Granville

ou chez votre libraire

Prix \$2.50

N° de catalogue SS21-1 /16F

Prix sujet à changement sans avis préalable

Information Canada

Ottawa, 1971

Maquette par Gottschalk + Ash Ltd.

Stewart, Robert W.

B.Sc., M.Sc., Ph.D.

M. Stewart est né le 21 août 1923 à Smokey Lake (Alberta)

Carrière

Au Laboratoire naval de la région du Pacifique du Conseil de recherches pour la défense, à Victoria (1950-1955);

Détaché comme professeur associé à l'Institut d'océanographie de l'Université de la Colombie-Britannique (1955-1960);

Professeur à l'Université de la Colombie-Britannique, depuis 1960;

Professeur invité:

Université Dalhousie

Université Harvard

Université de l'État de Pennsylvanie

Université de Cambridge.

Publications

Quelques 50 études sur les turbulences, l'océanographie, la micrométéorologie et l'astrophysique.

Manuel: «Physics» par J.S. Marshall, E.R. Ponder et R.W. Stewart, chez Macmillan of Canada.

Autres responsabilités

Représentant canadien au sein du Comité scientifique des recherches océaniques;

Président de la Commission d'océanographie physique de l'Association internationale des sciences physiques de l'océan;

Vice-président du Comité mixte d'organisation du Programme global de recherches sur l'atmosphère;

Membre du Comité de réorganisation de l'Union internationale de géodésie et de géophysique;

Rédacteur-adjoint du Journal of the Atmospheric Sciences;

Membre du bureau de rédaction du Journal of Marine Research;

F.R.S.C., F.R.S.



Dickie, Lloyd M.

B.Sc., M.Sc., Ph.D.

M. Dickie est né le 6 mars 1926 à Kingsport (N.-É.)

Carrière

Office des recherches sur les pêcheries du Canada:

à la Station biologique de St. Andrews (N.-B.)
1951-1961;

à l'Institut des Grands lacs et au département de
zoologie de l'Université de Toronto, 1961-1965;

au Laboratoire d'écologie marine de l'Institut
Bedford, depuis 1965.

Poste actuel

Directeur du laboratoire d'écologie marine et profes-
seur associé au département de biologie et à l'Institut
d'océanographie de l'Université Dalhousie, à Halifax
(N.-É.).

Publications

Quelque 30 études sur l'écologie et la physiologie des
animaux marins, sur l'exploitation et l'aménagement
des ressources halieutiques et sur la théorie de la
dynamique des populations.

Autres responsabilités

Conseiller scientifique canadien auprès de la Com-
mission internationale des pêches de l'Atlantique
Nord-Ouest;

Membre du Conseil consultatif du Laboratoire
régional de l'Atlantique du Conseil national de
recherches;

Membre de la section de productivité de la mer du
Comité canadien du Programme biologique inter-
national;

Membre du Bureau de rédaction de la revue «Le
Naturaliste canadien»;

Membre de la société Bermuda Biological Station
(Bermudes).



Remerciements

En tant qu'auteurs du présent rapport, nous sommes heureux de remercier les membres du personnel scientifique du Conseil des sciences, à Ottawa, pour leur collaboration amicale et leur bonne volonté. Nous voulons notamment exprimer notre gratitude au Dr Roger D. Voyer, qui a joué le rôle de coordonnateur du programme de cette étude. Le Dr Voyer a collaboré étroitement avec nous du début à la fin des travaux. En lui s'allient les meilleurs traits des deux grandes cultures du Canada, et il a contribué à rendre toujours intéressant et quelquefois agréable un travail qui aurait pu être ennuyeux, et même insupportable.

Au cours de l'étude, nous avons visité, en compagnie du Dr Voyer, la plupart des villes du Canada où les activités concernant les sciences et la technologie de la mer sont concentrées. Nous avons organisé des débats publics et de nombreuses entrevues et discussions privées avec le personnel de l'Administration, des universités et du secteur privé. Nous avons pu examiner divers équipements et installations dans huit des dix provinces canadiennes où les scientifiques nous ont fait part de leurs espoirs et de leurs ambitions. Cela n'aurait pas été possible ni agréable sans le travail et la collaboration bénévole de nombreuses personnes. Nous ne pouvons les nommer toutes ici. Cependant nous avons contracté une dette spéciale de reconnaissance envers ceux qui nous ont aidé particulièrement à composer une vue synoptique de la situation canadienne actuelle.

Nous remercions sincèrement M. Marcel Daneau, directeur du département des sciences économiques de l'Université Laval, au Québec, pour ses conseils éclairés en matière d'économie.

Nous exprimons tout spécialement notre reconnaissance à M. Bruce Woodland, de l'Université Mémorial à Terre-Neuve, au Dr A.R.A. Taylor, du département de biologie de l'Université du Nouveau-Brunswick, au Dr W.L. Ford, directeur du Laboratoire océanographique de l'Atlantique de l'Institut Bedford, au Dr J.A. Blanchard, de la Fondation de recherches de la Nouvelle-Écosse, à M. A.E. Pallister, de Pallister Associates de Calgary, au Dr W.N. English du Conseil de recherches de la C.-B. et au Dr H.L. Grant du Centre de recherches pour la défense, région du Pacifique; tous ont su organiser, à notre intention, des débats publics. Au cours de ceux-ci, les invités et l'auditoire ont exposé de nombreuses idées et fourni des renseignements qui nous ont été très utiles pour la rédaction du présent rapport.

Les représentants du secteur privé, les fonctionnaires, les professeurs et les étudiants des universités nous ont soumis des mémoires et des exposés dont certains concernaient directement notre enquête. Nous tenons spécialement à remercier M. C. MacLaughlin de Montreal Engineering, Montréal, M. T. Horton d'International Hydrodynamics, Vancouver, M. W. Zaruby de Shell Oil, Calgary, M. F. Misner de Garrett Marine, Toronto, MM. M. Colpitts et R. Krajewski du ministère de l'Industrie et du Commerce, ainsi que M. T. Harwood, président du Groupe d'étude de la couverture de glace des eaux navigables; tous ont discuté avec nous des différents aspects de notre tâche. Nous n'avons pas été toujours d'accord avec eux, mais ils nous ont aidé, de façon essentielle, à juger d'un domaine complexe dont de nombreux aspects nous étaient peu familiers.

Nous ne manquerons pas de mentionner que parfois, au cours de nos travaux, nous avons été amenés à prédire un avenir brillant aux sciences et à la technologie de la mer au Canada, pour peu que de plus nombreux Canadiens et visiteurs étrangers se mettent à savourer les excellents fruits de mer que nous avons dégustés. La variété des mets délicats qui nous ont été servis grâce aux efforts conjoints des scientifiques, des étudiants et de la population de Bamfield, dans l'Île de Vancouver, restera un sommet dans nos expériences gastronomiques. Nous avons passé également des moments fort agréables dans les petits restaurants de Victoria (C.-B.), Québec et Saint-Jean de Terre-Neuve. Ces bons repas nous ont rappelé de façon concrète que certains aspects de notre étude peuvent concerner notre vie et nos attitudes, d'une manière réelle et personnelle. En ce qui nous concerne, il a peut-être mieux valu que notre étude ne porte pas entièrement sur la pollution de la mer!

Table des matières

Remerciements	8
Préambule	13
I. Valeur de la mer pour le Canada	19
1. Ressources	20
2. Loisirs	21
3. Souveraineté et défense nationale	21
4. Transports	22
5. Conditions atmosphériques et climat	22
6. Pollution	23
7. Pour une nouvelle technologie	23
8. L'attrait de la mer et le développement des connaissances	24
9. Aide étrangère et obligations internationales	25
Sommaire de l'étude sur les sciences et la technologie de la mer au Canada	26
II. La recherche des hydrocarbures de la plate-forme continentale	31
Promesses d'avenir et responsabilités particulières	32
La zone de l'Atlantique	35
L'Arctique	42
La côte Ouest	49
III. Les sciences et la technologie de la mer au Canada	51
Les problèmes scientifiques	53
Les problèmes techniques	62
IV. Problèmes, responsabilités et perspectives d'avenir	71
Les ressources biologiques	72
Usage judicieux ou malavisé du milieu environnant	78
La navigation	91
Ressources minérales de la mer	94
Défense nationale	95
Hydrographie	96
Études sur les estuaires	98
Géophysique	98
Les croisières lointaines des navires de recherche du Canada	99
Les sciences et la technologie de la mer comme instruments de politique extérieure	100

V. Un programme pour les années 1970	103
Relations entre les universités, les laboratoires de l'État et l'industrie	106
Deux grands domaines de concentration des activités océanologiques canadiennes	116
VI. Organisation et administration	121
La haute direction des organismes fédéraux	124
La mise en œuvre de la technologie marine et l'idée d'un organisme d'exploitation	131
Mécanismes administratifs dans le domaine des sciences et de la technologie océaniques	140
Les grands équipements	149
Relations avec les conseils de recherches dans les provinces	159
Le Canada français et l'océanologie	161
La conduite des grands programmes	161
VII. Prospectives	165
La courbe de croissance	166
Prévisions concernant les services de l'État	167
Répercussions financières	170
Répercussions sur l'industrie	172
Répercussions sur les universités	173
Le financement de la recherche universitaire	178
Appendice	181
Publications du Conseil des sciences du Canada	188

Préambule

Les sciences et la technologie de la mer* diffèrent d'une façon fondamentale d'autres disciplines comme la physique, la chimie et la biologie; elles doivent leur existence, comme entités distinctes, non pas à un ensemble cohérent de connaissances, mais à la présence d'un milieu physique particulier. Ainsi, elles ont plus de choses en commun avec la science et la technologie de l'espace qu'avec toute autre discipline contemporaine. Ces sciences constituent par excellence un ensemble interdisciplinaire. À l'exception de quelques traits de leur aspect biologique, elles sont également très jeunes, tellement jeunes qu'il est imprudent de tenter d'en prédire l'avenir à partir d'une simple extrapolation de son récent passé. Ainsi, l'océanographie ne fait actuellement que commencer à sortir de son stade primitif. Même un exposé préliminaire de la géophysique marine renfermerait un nombre limité de notions et très peu de données datant de plus de dix ans. L'écologie marine est une ramification récente de l'écologie, qui, elle-même, n'est une véritable science que depuis la Seconde guerre mondiale. Les autres aspects de ces sciences sont à peine sortis de l'enfance. Quant à la technologie de la mer, il est presque certain qu'elle fera plus de progrès au cours de la prochaine décennie qu'elle n'en a réalisé, en tout, jusqu'à présent. Ainsi, dans l'ensemble, la courbe de croissance des sciences et de la technologie de la mer est rapidement ascendante. Les perspectives et les problèmes qui se présentent sont immenses.

La nature des problèmes et l'importance des réponses à leur apporter sont illustrées par un nouveau phénomène qu'aucune civilisation antérieure n'a jamais eu à considérer, à savoir la série des changements que l'homme impose à la physionomie de la Terre. Bien entendu, l'activité de l'homme a toujours influé sur son environnement. Même les cultures tout à fait primitives ont été capables de trans-

former les terres productives en déserts et les déserts en terres productives. Ce qui est nouveau, c'est l'ampleur et le rythme de l'activité de l'homme et le fait qu'il a pris conscience de la complexité et de l'interpénétration des grands écosystèmes du Globe. Ainsi on a constaté que les travaux miniers et les émanations des fonderies, à Sudbury ou à Trail, peuvent ravager la contrée sur une étendue de quelques milles à la ronde, ou que l'irrigation peut faire verdoyer les régions arides du Sud de l'Alberta et de la vallée de l'Okanagan; toutefois, on pense généralement—plus d'une façon inconsciente que consciente—que l'atmosphère comme l'océan sont, dans leur ensemble, trop vastes pour qu'une créature aussi faible que l'homme puisse les modifier d'une manière importante.

C'est tout récemment que l'on a reconnu le peu de fondement de cette attitude. Les émanations qui sont rejetées dans l'atmosphère changent la composition de celle-ci d'une façon que l'on peut établir. On ne peut plus considérer que les aérosols, pour la plus grande partie issus de l'activité industrielle, affectent seulement des villes telles que Manchester et Hamilton, car on peut les détecter sur toute la Terre et ils ont des répercussions sur la transmission de l'énergie solaire à la surface du globe. La teneur de gaz carbonique dans l'atmosphère semble s'accroître de deux ou trois millièmes chaque année—ce qui affecte non seulement le bilan du rayonnement mais peut-être l'acidité des couches supérieures des eaux de l'océan. Le plomb qui pénètre dans l'océan à partir de l'atmosphère et qui provient pour la plus grande partie des composés antidétonants incorporés à l'essence de pétrole, a augmenté les concentrations de ce métal dans la couche supérieure de l'océan selon une progression accélérée. Le mazout s'échappant dans l'océan à partir de sources diverses constitue un spectacle déplaisant non seulement sur les grèves, mais même en pleine mer. Les différents parasitocides concentrés par les organismes peuvent être détectés dans tous les océans—y compris l'Arctique et l'Antarctique. Les barrages

*ou: l'océanologie et la technologie océanique.

construits en vue de la production d'énergie électrique, à des fins d'irrigation, ou pour empêcher les inondations, modifient le réseau d'écoulement des eaux et influent sur la salinité de certaines masses d'eau océaniques, ce qui affecte la stabilité et l'aptitude à se mélanger de celles-ci. L'activité de l'homme a, durant longtemps, déterminé la nature de la plus grande partie de la faune et de la flore terrestres; à présent que les flottes de navires de pêche parcourent la surface entière des océans, et que l'intensité de la pêche est très considérable, le même phénomène se vérifie dans le cas des océans. De grands travaux ont changé la face de la Terre. De grands lacs artificiels ont été formés. Des régions marécageuses ont été asséchées. La végétation qui couvre une grande portion de la surface terrestre a été modifiée. Tous ces changements influent l'atmosphère et, jusqu'à un certain point, la mer. Actuellement, nous pouvons envisager des travaux qui influeraient directement sur l'océan. Des propositions ont été faites, particulièrement en Union Soviétique, pour barrer le détroit de Béring dans le but de diminuer la couche de glace dans l'océan Arctique. On a également proposé de provoquer artificiellement le déplacement vertical des masses d'eau océaniques dans le but de favoriser un accroissement de la productivité biologique. Des changements de ce genre pourraient avoir, à l'échelon mondial, des effets dont les proportions seraient loin d'être négligeables.

Comme en témoignent les variations climatiques importantes qui se sont produites au cours de notre ère, de même que les changements encore plus frappants qui ont causé et accompagné les grandes périodes glaciaires, les interactions de l'océan et de l'atmosphère ne sont pas particulièrement stables et elles sont sujettes à de profondes fluctuations, même sans l'intervention de l'homme. L'influence actuelle de l'homme est d'une telle importance qu'il est probablement capable de modifier ces phénomènes dont l'importance et l'étendue sont considérables.

Nous sommes en train de changer notre

environnement et nous continuerons de la faire, car nous n'avons pas le choix. Le seul choix que nous ayons est soit d'opérer ce changement aveuglément et peut-être d'une façon désastreuse, soit de l'accomplir avec intelligence, en ayant pleinement conscience de ses répercussions probables. À titre d'exemple poussé à l'extrême: barrer le détroit de Béring pour réduire considérablement la banquise arctique pourrait, comme le prétendent ceux qui préconisent ce projet, conduire à une très grande amélioration du climat de la Sibérie et du Canada septentrional. Cela pourrait cependant, d'après la théorie sérieuse d'Ewing et de Donn¹, provoquer une nouvelle période glaciaire. Cela pourrait également amener la fonte de la calotte de glace du Groënland et une vaste inondation côtière. Le détroit de Béring *pourrait* être considéré comme intéressant uniquement les pays avoisinants, soit: les États-Unis et l'Union Soviétique. Le barrer constitue une entreprise qui est à la portée des techniques actuelles. Qu'advient-il si l'on décidait d'agir ainsi? Les effets, bons ou mauvais, que ressentirait le Canada, seraient très considérables. Pourtant, la seule façon réelle dont le Canada pourrait influencer sur cette décision serait de constituer un groupe de scientifiques respectés et compétents qui seraient capables de prévoir les effets d'une telle entreprise.

L'exemple est poussé à l'extrême mais n'est pas utopique. Un autre qui nous touche de plus près, peut-être, c'est celui de la pêche au large des côtes des provinces de l'Atlantique. Au-delà des limites territoriales du Canada, les lieux de pêche appartiennent à tous mais la loi internationale contemporaine donne au Canada une grande part de responsabilité. Une exploitation intelligente pour assurer un haut degré de productivité en même temps qu'une forte participation canadienne à cette pêche exige une profonde compréhension de tous les aspects de l'écologie. Une observation du même genre peut être

¹Ewing, Maurice et William L. Donn. A theory of ice ages. Science, numéro du 15 juin 1956, Vol. 123, n° 3207, pages 1061 à 1066.

faite au sujet des parages de pêche de la côte occidentale. Comme autre exemple, quelque peu différent, nous pourrions nous demander comment réduire la variété et la quantité des déchets que les industries et les particuliers déversent dans les eaux du détroit de Géorgie, pour que celles-ci ne soient pas polluées. La liste d'exemples pourrait s'allonger presque indéfiniment.

Ici intervient dans les sciences et la technologie de la mer, un évident concours de trois facteurs principaux qui déterminent les changements culturels et scientifiques: la satisfaction de la curiosité naturelle qui nous pousse à comprendre l'univers dans lequel nous habitons; le désir d'utiliser le milieu pour améliorer notre confort et notre bien-être; et la certitude que nous devons prévenir les dommages irréparables qui pourraient être causés à ce milieu.

Le premier motif, la satisfaction de notre curiosité, prend plusieurs formes depuis l'intérêt banal du profane jusqu'à l'intense exaltation personnelle de l'homme de science qui cherche «à savoir». C'est ce motif qui est à l'origine des problèmes que l'on peut se poser pour chaque science, et on lui doit la plupart des idées dont l'exploitation technique caractérise notre civilisation. On en vient ainsi à l'idée de la science fondamentale dont la cause est bruyamment défendue dans les milieux scientifiques, presque comme «un droit»; et c'est l'un des plus grands problèmes de la société moderne de décider jusqu'à quel point cette science fondamentale constitue un besoin ou un luxe. Au cours du présent rapport, nous allons tenter de traiter brièvement des aspects de ce problème qui concernent la mer.

On sait que les connaissances nouvelles, qui nous ouvrent des perspectives quant à l'utilisation et à l'exploitation du milieu, ambiant, constituent un motif particulièrement puissant d'acquérir d'autres connaissances. Dans ce domaine, les raisons de rédiger «Sciences et technologie de la mer» ont été bien plus pressantes au cours des dix dernières années. Les progrès technologiques ont donné l'assurance sup-

plémentaire que nous pouvons trouver des manières de maîtriser les forces gigantesques exercées par le vent, les vagues, la grande profondeur et la glace. En même temps, l'amélioration des méthodes d'inventaire indique que les évaluations de ressources, qui étaient considérées il y a dix ans comme étant pure spéculation, apparaissent aujourd'hui comme très possibles. Il y a une richesse à conquérir à partir du milieu marin, de stimulants défis à relever, et de riches récompenses reviendront aux gagnants.

Par le passé, les scientifiques de la mer, comme ceux des autres disciplines, n'ont appliqué leurs efforts qu'à des problèmes simples, faciles à résoudre. Il est légitime de s'attaquer à des problèmes simples. Peut-être, avons-nous besoin d'être sûrs que dans un environnement complexe et avec des connaissances trop limitées, nous pouvions résoudre au moins quelques problèmes. Pour avoir bon moral, il était nécessaire de commencer par le plus simple. Mais les grands problèmes se posent encore, plus que jamais, et nous devons les affronter carrément en utilisant nos nouvelles connaissances. Nous ne pouvons plus les éviter en appliquant notre attention et nos efforts à des questions auxquelles il est facile de répondre. Le Canada a une tâche d'autant plus difficile qu'il doit s'assurer que ce soient des Canadiens qui résolvent les problèmes et récoltent leur pleine part des récompenses. Cette entreprise exigera de l'énergie et de la méthode, même en ce qui concerne les ressources du sous-sol et des eaux de nos plates-formes continentales.

Dans le cas du Canada, l'exploitation des ressources de la mer revêt une importance particulière du fait de son influence sur l'expansion régionale. Les perspectives d'expansion sont les plus prometteuses dans les régions de notre pays que nous considérons couramment comme appauvries ou sous-développées. Une bonne partie du présent rapport concerne naturellement l'utilisation de la science et de la technologie pour l'exploitation de ces possibilités.

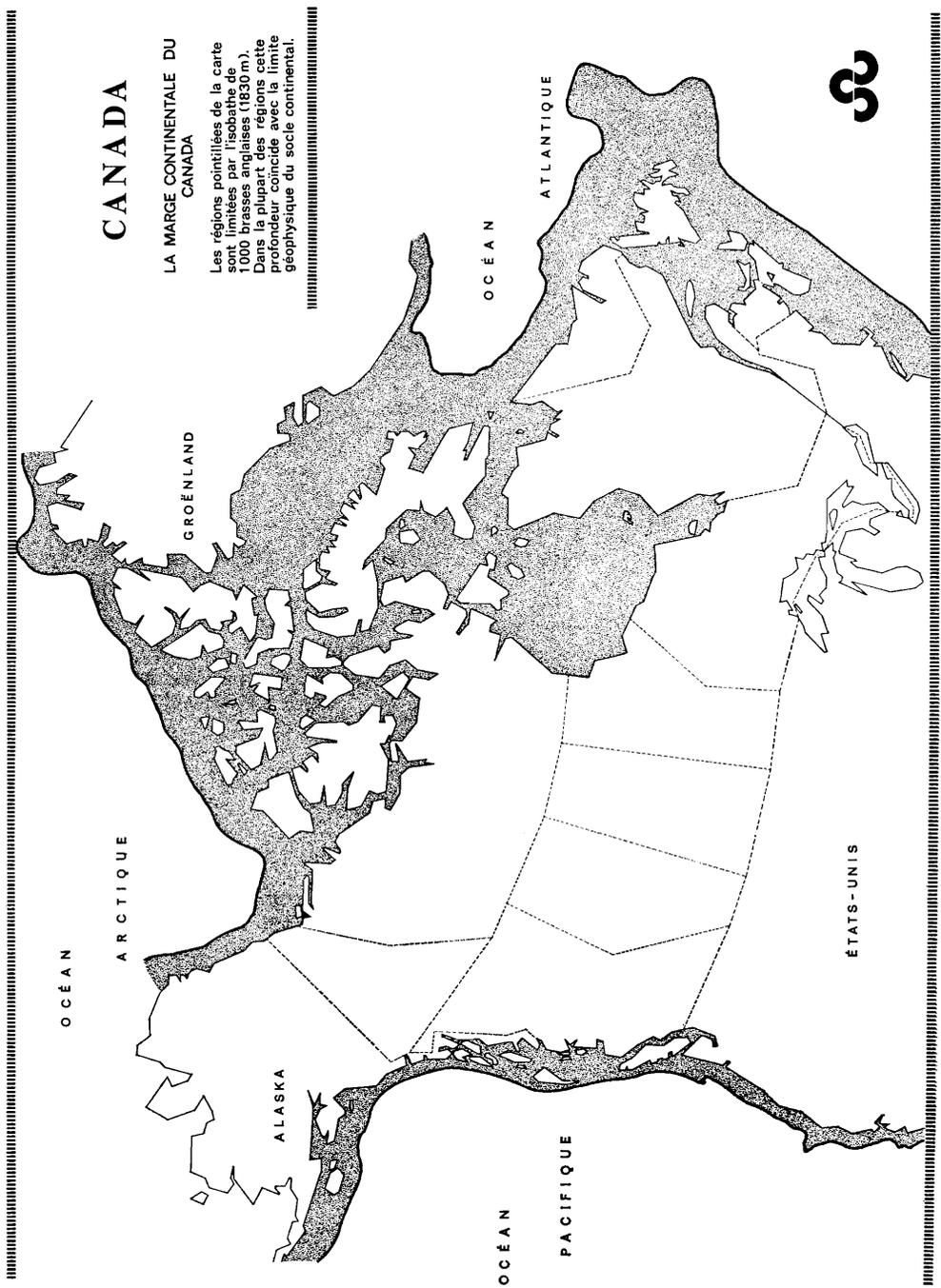
Le troisième motif—le besoin de com-

prendre—nous apparaît tout aussi important. Le but de toute science est de parvenir à une compréhension des choses telles que des prévisions fiables puissent être faites. Dans ce dernier tiers du 20^e siècle, rien n'exige de plus sérieuses prévisions que les effets de l'activité de l'homme sur son environnement. Il y a donc un motif d'ordre social qui exige une haute compétence dans le domaine des sciences de l'environnement, motif qui n'est pas lié aux «bienfaits» ordinaires que l'on peut attendre de l'activité scientifique. Nous avons la conviction, et nous le disons plusieurs fois dans ce rapport, que les sciences de la mer constituent un aspect essentiel de la science de l'environnement, qu'elles doivent être développées et jouer un rôle vital dans nos grandes tâches qui visent à protéger la qualité du milieu ambiant.

CANADA

LA MARGE CONTINENTALE DU CANADA

Les régions pointillées de la carte sont limitées par l'isobathe de 1000 brasses anglaises (1830 m). Dans la plupart des régions cette profondeur coïncide avec la limite géophysique du socle continental.



Premier chapitre

Valeur de la mer
pour le Canada

Selon la méthode de calcul employée, on considère que le Canada est le premier ou le second pays au monde pour la longueur des côtes. Ce que l'on pourrait appeler notre territoire submergé—ces étendues, au large de nos côtes, qui sont continentales—au point de vue géophysique mais qui se trouvent au-dessous de la surface de l'océan—ont une superficie égale à plus de 40 p. 100 de celle de notre territoire national, égale en fait à la somme du Québec, de l'Ontario, du Manitoba et de la Saskatchewan, ou à celle de l'ensemble des Territoires. Le potentiel de productivité de ces régions, pour les ressources renouvelables ou non renouvelables, soutient la comparaison avec celui des régions terrestres correspondantes. Le Canada, en tant qu'État, ne peut se permettre de les laisser de côté. S'il renonçait à affirmer pleinement sa souveraineté au sujet de l'utilisation et de l'exploitation de cette partie du pays dont l'avenir est important, il faillirait à son devoir qui est de procurer aux Canadiens de l'avenir le maximum de moyens d'indépendance nationale.

L'intérêt que présente la mer pour le Canada revêt un certain nombre d'aspects :

1. La mer est un réservoir de ressources.
2. Elle est un lieu où l'on se divertit.
3. Elle est une région qui a nécessité et qui réclamera une appréciable proportion de nos efforts de défense nationale; elle est également une région où les limites de notre souveraineté et de notre juridiction sont moins clairement définies qu'ailleurs, en termes juridiques et géographiques, ce qui exige qu'on se penche sur le problème.
4. Elle constitue une voie de transport.
5. Elle est un facteur capital régissant le temps et le climat.
6. Elle est utilisée, volontairement ou non, comme dépotoir; certains déchets provoquent la pollution.
7. Elle offre des perspectives pour la mise au point d'une nouvelle technologie et la création de nouvelles industries.
8. Elle pose des problèmes à la science; le fait de résoudre ces problèmes développe les connaissances et permet aux hommes de répondre à l'attrait que leur inspire la mer.

9. La mer offre la possibilité d'aider les pays en voie de développement de façon efficace; par ailleurs c'est un champ d'investigations scientifiques internationales auxquelles le Canada se doit de participer.

1. Ressources

a) Richesses biologiques

De toutes les ressources de la mer, celle qui a le plus de valeur actuellement au Canada, de même que dans le monde entier, est la pêche. Bien que la pêche ne représente qu'une fraction plutôt petite du PNB canadien, elle a une haute importance économique régionale. En Nouvelle-Écosse, par exemple, elle représente presque 10 p. 100 du produit provincial brut et cette proportion va en augmentant. Néanmoins, les richesses biologiques de la mer demeurent mal exploitées. Sur la côte Ouest, la pêche canadienne porte sur un nombre très restreint d'espèces; et, bien que d'autres soient exploitées par des entreprises étrangères, il reste encore bien des espèces qui ne sont pas pêchées. Quoique les captures sur la côte Est du Canada soient plus variées, des ressources connues comme le capelan, l'argentine et le lançon sont à peine exploitées.

En plus des poissons et des grands animaux marins, il existe un grand nombre d'organismes marins dont on pourrait tirer parti davantage. On pratique un peu la récolte des grandes algues dans les provinces maritimes, mais comme ce produit est exporté pratiquement à l'état brut, son rôle économique est peu important. La masse biologique du petit zooplancton est beaucoup plus grande que celle des plus gros animaux, et on a eu récemment la preuve que ces organismes peuvent être bien plus concentrés qu'on ne le croyait autrefois, et que de nouvelles techniques peuvent en rendre l'exploitation possible. Là où les baleines réussissent, devons-nous échouer? On peut utiliser ces matériaux vivants, qu'il s'agisse de la flore ou de la faune, à d'autres fins que celles de l'alimentation, par exemple, pour la mise au point de produits pharmaceutiques. Des perspectives sans cesse meil-

leures s'offrent pour la culture, dans les estuaires et sur les côtes, d'un certain nombre d'organismes marins.

b) Hydrocarbures

Dans l'ensemble du monde, le pétrole et le gaz constituent, après la pêche, les plus importantes ressources de la mer à présent exploitées. Actuellement, l'extraction de pétrole au large des côtes intervient pour environ 17 p. 100 dans la production totale du «monde libre» et elle augmente à raison de 12 p. 100 environ chaque année. Jusqu'à ce jour, il n'y a pas eu d'extraction sur la plate-forme continentale canadienne. Néanmoins, les perspectives sont excellentes. Il y a lieu de croire que les ressources en pétrole de la plate-forme continentale canadienne dépassent celles du territoire émergé. L'exploitation de ces ressources peut créer en quelques années une activité économique se chiffrant à plusieurs milliards de dollars par an.

Les problèmes que pose l'exploitation du pétrole et du gaz sont très différents de ceux des autres activités ayant trait à la mer; ils sont très urgents. Aussi seront-ils traités séparément au Chapitre II du présent rapport.

c) Minéraux

Du point de vue géologique, les plates-formes continentales font partie du continent et, partant, on peut s'attendre à ce qu'elles renferment d'importants gisements minéraux. De plus, il y a certains processus géologiques, particuliers à la mer, qui peuvent former des dépôts exploitables. L'action des vagues, soit contemporaine, soit ancienne, produit un triage des éléments lourds qui se déposent en placers. Les rivières charrient vers la mer des minéraux dissous qui doivent se déposer quelque part. Certains matériaux dissous, notamment le sel et le magnésium, sont de nos jours extraits directement de l'eau de mer dans différentes parties du monde. Des procédés chimiques et biochimiques peuvent produire des concentrations exploitables, telles que les nodules de manganèse. De plus, les phénomènes géophysiques liés à l'extension du fond de l'océan

et à la dérive des continents peuvent produire des concentrations encore inconnues.

d) Eau

La plus abondante matière que l'on trouve dans l'océan est, bien entendu, l'eau. La production d'eau douce par dessalement peut sembler l'objet de trop d'efforts car c'est une ressource que nous possédons en prodigieuse abondance. Il est bien évident que ce n'est pas là un domaine où les Canadiens doivent concentrer leurs efforts. Néanmoins, notre pays peut acquérir une certaine compétence à ce sujet à partir d'idées nouvelles ou d'activités annexes comme, par exemple, la lutte contre la pollution. Si c'était le cas, cette compétence pourrait être utilisée profitablement ailleurs dans le monde ou contribuer à aider les pays en voie de développement.

2. Loisirs

À mesure que les populations jouissent de plus d'aisance et qu'elles consacrent plus de temps aux loisirs, ceux-ci amènent le développement rapide d'activités économiques. Les étendues d'eau sont utilisées pour un très grand nombre de loisirs, de sorte que nos régions côtières ont un rôle de premier plan à jouer. En raison de l'attrait croissant des expériences nouvelles et sortant de l'ordinaire, on peut s'attendre que même l'Arctique prenne part à cette expansion. Il s'agit d'un secteur en «croissance», et les efforts dans cette direction devraient être rapidement payants. Ils devraient être mis en œuvre avec énergie et imagination. C'est particulièrement important, car de nombreuses régions de notre pays ont peu de ressources et peu de perspectives d'expansion industrielle, et elles sont, ou pourraient devenir, très attrayantes au point de vue touristique.

3. Souveraineté et défense nationale

L'importance et le déploiement des efforts de la défense du Canada sont subordonnés à des questions de politique nationale qui

dépassent le cadre de la présente étude. Cependant, on peut penser que les activités de la marine de guerre canadienne auront toujours besoin de l'aide de la science et de l'industrie.

Il y a d'autres tâches dont doit se préoccuper le Canada en dehors des questions purement militaires. Le Canada a joué, et doit encore jouer, un rôle actif dans la conclusion d'accords internationaux visant à réglementer l'exploitation des ressources marines¹; cela au sein d'organisations telles que la Commission internationale des pêches du Nord-Ouest de l'Atlantique et le Comité des Nations Unies pour l'utilisation pacifique du fond de la mer au-delà des limites territoriales; c'est grâce à cette participation que le Canada sera sûr que ses intérêts seront pris en considération et qu'il pourra exercer une influence sur les accords conclus qui sont d'une importance vitale pour le pays. Par ailleurs, il est nécessaire de maintenir une présence suffisante dans certaines régions de l'Arctique. Peut-être devra-t-on de temps en temps réorienter les activités scientifiques et industrielles pour atteindre ces buts.

4. Transports

À l'échelle mondiale, l'utilisation de la mer est la plus rémunératrice quand elle joue le rôle de voie de transport. Au cours des deux dernières décennies, la flotte commerciale canadienne au long cours a été réduite pratiquement à rien. Il s'agit là d'une politique délibérée de l'État, qui a reconnu que l'entretien d'une grande flotte commerciale au long cours exigerait des subventions très considérables, et que la plupart des pays qui assurent nos transports maritimes importent davantage du Canada qu'ils n'y exportent. La question de savoir s'il faut poursuivre cette politique fera l'objet d'une étude distincte et nous n'entamerons pas ce débat. Nous ne pensons pas que, selon nos attributions,

nous devons examiner les problèmes concernant la construction et l'équipement de navires pour la marine de guerre ou la marine marchande. Néanmoins, certains aspects de ces problèmes sont abordés au cours de l'étude et lorsque nous le jugeons utile, nous nous réservons le droit de faire quelques remarques.

Malgré ces décisions concernant la marine marchande canadienne au long cours, d'autres possibilités sont offertes au Canada. On a besoin de navires particulièrement adaptés aux conditions spéciales de la navigation sur nos trois côtes. De même, on manque de certaines installations portuaires et engins de manutention de toutes sortes.

5. Conditions atmosphériques et climat

Les méthodes modernes des prévisions météorologiques tiennent compte de plus en plus de l'influence de l'océan, et de sa variabilité, sur les conditions atmosphériques. De grands programmes internationaux, comme le Programme de recherches sur l'atmosphère globale et la Veille météorologique mondiale, reconnaissent que pour améliorer les prévisions météorologiques, il faut mieux connaître la nature et les réactions des couches supérieures des eaux de l'océan.

En dehors des conditions météorologiques qu'on considère comme un aspect de la variabilité à court terme de l'atmosphère, il y a des phénomènes de plus longue durée qui sont engendrés encore plus directement par l'océan. Il est presque certain que des phénomènes persistants comme les hivers anormalement froids ou les périodes prolongées de sécheresse sont liés aux changements océaniques. Grâce à des recherches plus poussées et à de meilleures observations, on devrait pouvoir les prédire utilement. En outre, du moins dans le cas d'étendues limitées, il est possible de changer la nature de la surface de l'eau à l'aide de différentes techniques. Ainsi, on peut trouver le moyen de régulariser le climat, dans des cas très divers. Des changements de ce genre se produi-

¹Comité des transports par eau de la Commission canadienne des transports.

sent également de façon naturelle ou ils peuvent être la conséquence d'autres activités de l'homme.

6. Pollution

Au cours des dernières années, le public a pris très rapidement conscience des effets adverses que l'action de l'homme peut avoir sur son environnement. La mer, en dépit de son immensité, n'est pas à l'abri de ces répercussions. La pollution se présente sous plusieurs aspects qu'on peut examiner séparément.

a) Eaux d'égout

On peut critiquer le déversement des eaux d'égouts dans la mer surtout pour des raisons esthétiques, bien que dans quelques endroits, il puisse se poser en plus le problème de l'accumulation d'éléments trophiques. Il semble qu'on ait tendance à exagérer les effets anti-hygiéniques de la pollution par les eaux d'égout. Le cas est différent de celui de l'eau douce et il y a peu de preuves qu'une maladie puisse se transmettre directement à celui qui nage dans la mer¹. Le risque de maladie semble être principalement lié à la concentration de micro-organismes qu'effectuent certains mollusques.

b) Pétrole

La pollution par le pétrole est désagréable du point de vue esthétique et elle est funeste à un bon nombre d'organismes marins, de même qu'à un grand nombre d'oiseaux de mer. Elle provient non seulement, ou même principalement, d'accidents spectaculaires, mais encore de la myriade de petits rejets quotidiens qui ont lieu au cours du fonctionnement «normal» des navires.

c) Agents de pollution de nature industrielle

Les effluents résultant des divers processus industriels ont causé un dommage appréciable à des étendues restreintes du

milieu marin. Les déchets des usines à papier obstruent plusieurs baies. Le déversement de phosphore au cours de la catastrophe de la baie de Plaisance a été un événement célèbre et inexcusable. Non seulement devons-nous éviter de tels désastres à l'avenir, mais il faut rétablir la confiance du public afin qu'il ne s'indigne pas devant le déversement d'effluents tout à fait inoffensifs.

d) Agents de pollution de nature biochimique

Dans la vie moderne, nous faisons un usage croissant de substances dont la principale caractéristique est leur effet biologique spectaculaire, même quand on les emploie en quantité infime. C'est justement ce caractère qui les rend utiles tout en en faisant des substances dangereuses. Le DDT est un exemple marquant. On peut également citer l'utilisation des herbicides, des défoliants et du mercure. Particulièrement dangereux sont les produits comme le DDT, qui demeurent pendant très longtemps dans le milieu ambiant et qui sont concentrés au cours de la chaîne trophique.

7. Pour une nouvelle technologie

Comme nous l'avons déjà indiqué, la courbe de croissance des sciences de la mer montre un tracé rapidement ascendant. Au Canada, la technologie de la mer se trouve quelque peu en retard et c'est seulement à présent qu'elle est susceptible de se développer rapidement. Aux États-Unis, on a espéré pendant les dernières années que l'État financerait abondamment l'océanographie, de la même façon qu'il soutenait le programme spatial. Voyant que le programme spatial n'était pas appelé à croître beaucoup plus, de nombreuses sociétés du secteur aérospatial ont commencé à considérer l'océanographie comme un moyen d'assurer leur développement. Cependant, l'arrivée espérée de fonds ne s'est pas réalisée et l'industrie des É.-U. se débat présentement dans les affres d'une liquidation des entreprises en difficulté. Ce débordement d'activité a eu pour principaux résultats,

¹Sewage contamination of bathing beaches in England and Wales. Mémoire n° 37 du Medical Research Council. H.M. Stationery Office, Londres, 1959.

de doter les États-Unis d'une compétence considérable pour la construction et l'exploitation de sous-marins pour eaux profondes (engins très coûteux), ainsi que des moyens de fabriquer toute une gamme de bouées océaniques. Un examen rétrospectif montre qu'à l'origine des difficultés de ce pays se trouve l'incapacité d'appliquer un grand nombre de réalisations technologiques à des besoins bien définis; par ailleurs, il y a eu l'espoir mal fondé que les motifs de prestige national joints à l'amour de l'aventure et la curiosité scientifique, qui avaient favorisé le programme spatial des États-Unis, pourraient amener une aide financière de plusieurs milliards de dollars en faveur de l'étude de l'«espace sous-marin». N'ayant pas eu de semblables espérances, l'industrie canadienne n'a pas connu une expansion de ce genre et on ne prévoit pas pour le moment une telle liquidation. Le sous-marin pour eaux profondes «Pisces» a été mis au point au Canada. Il est beaucoup plus économique et beaucoup plus rentable que ses homologues des É.-U. Nous avons acquis une certaine compétence dans plusieurs autres domaines de la technologie océanique, généralement en vue d'un marché précis.

Le nombre des débouchés augmente considérablement. Le Canada se trouve maintenant en très bonne position pour réaliser une croissance rapide mais rationnelle dans le domaine de la technologie océanique, et il pourra tirer parti des erreurs des É.-U.

Cependant, ici nous nous heurtons à un problème typiquement canadien. Jusqu'à présent, la plus grande partie des activités touchant à la mer (hormis le transport) s'est déroulée à l'intérieur des laboratoires de l'État. On a utilisé de nombreux talents dans ces laboratoires dans le but de résoudre des problèmes scientifiques. Malheureusement, cette acquisition de compétence n'est pas accompagnée d'une activité industrielle correspondante. Si nous voulons tirer profit du développement prévisible des activités ayant trait à la mer, nous devons nous assurer que l'industrie canadienne pourra utiliser la

connaissance et les compétences acquises et qu'elle pourra croître rapidement dans le cadre de nos programmes nationaux. Ce thème sera traité en détail au chapitre VI du présent rapport.

8. L'attrait de la mer et le développement des connaissances

Dans un rapport concernant les sciences et la technologie de la mer, il vaut encore la peine de rappeler que certains hommes aiment la mer. Elle exerce une fascination et elle séduit la plupart des marins. Quand on leur en a donné la chance—que ce soit au temps de ces magnifiques voiliers en bois de la Nouvelle-Écosse ou des navires marchands et de leurs escortes durant la guerre—les marins canadiens ont prouvé qu'ils peuvent se comporter avec courage et servir leur pays avec fierté. Un grand nombre de ces hommes se sentent diminués quand ils sont à terre. Ces choses-là sont difficiles à mesurer en termes d'économie. Mais il est certain qu'au cours de nos nouvelles entreprises marines nous aurons besoin et nous dépendrons beaucoup de cette lignée de marins. Nos programmes futurs devront tenir compte à la fois des besoins de la nation et des aptitudes de ces hommes désireux de réaliser leurs aspirations.

Les mêmes motivations ont également conduit plusieurs hommes de science et quelques technologues à s'intéresser à la mer; mais s'ils ont persisté dans leurs efforts, c'est afin de pouvoir résoudre les problèmes scientifiques qu'elle pose et d'agir sur elle. Il s'ensuit que la qualité des sciences de la mer au Canada est connue dans le monde entier. Les hommes de science canadiens appartenant à ce domaine ont été recherchés et employés comme experts techniques par toute une série d'organisations internationales. Dans des domaines variés comme la productivité primaire, la dynamique des populations, l'interaction entre l'air et la mer et le géomagnétisme, pour n'en nommer que quelques-uns, les travaux canadiens sont reconnus comme étant parmi les meilleurs au monde. À la

vérité, à l'échelle mondiale, les activités menées au Canada dans le domaine des sciences de la mer classent le pays parmi les quatre ou cinq premières nations, tant au point de vue quantitatif que qualitatif. Dans l'ensemble, ce résultat n'est pas dû à la dépense de vastes sommes d'argent, mais plutôt à la haute compétence du personnel. Les Canadiens ont parfaitement raison d'être fiers de ces travaux et les hommes de sciences qui les accomplissent ont certes le droit de s'attendre à une aide permanente.

L'accueil qu'ont reçu les travaux de personnalités comme Rachel Carson¹ et Jacques Cousteau montre qu'une grande partie du public témoigne de l'intérêt pour la mer. Son immensité même et sa complexité constituent des défis pour un grand nombre d'intelligences. Même s'il n'y avait aucune perspective de profit économique et aucun besoin social d'information concernant le milieu ambiant, l'océan serait quand même étudié, bien que probablement d'une façon moins approfondie qu'il ne serait désirable, si l'on pense aux récompenses qui nous attendent et aux problèmes qu'il faut résoudre. Cependant, il est juste de dire que trop peu de Canadiens se sont préoccupés de faire connaître au public les découvertes de la science. Les gens ont le droit d'être informés au sujet des sciences qui concernent l'environnement en particulier; d'ailleurs, une opinion publique bien renseignée constitue un atout appréciable pour la nation. De plus grands efforts pourraient être déployés en ce sens, sans doute avec de bons résultats. Il est évident qu'il nous faut un programme spécial permettant de renseigner d'habiles écrivains et photographes sur ces problèmes du milieu. Ces informations devront ensuite être diffusées.

9. Aide étrangère et obligations internationales

La responsabilité, qu'ont les pays évolués

¹Nous nous référons à des travaux antérieurs du genre de «La mer qui nous entoure» plutôt qu'à la vision apocalyptique du «Printemps silencieux».

du point de vue technologique, d'aider ceux qui sont moins favorisés, est maintenant bien reconnue. Comme nous l'avons montré, le Canada figure, et continuera de figurer, parmi les nations qui jouent un rôle majeur dans le domaine des sciences de la mer. Nos moyens technologiques sont maintenant appréciables, et ils s'accroissent rapidement. La majorité des pays défavorisés ont des tâches à accomplir, qui concernent la mer, et nous devrions être prêts à les aider. Il y a plusieurs choses que nous pouvons faire: par exemple, effectuer pour leur compte des levés hydrographiques ou des relevés de leurs ressources marines. Nous pouvons améliorer les technologies qu'utilisent leurs flottes de pêche. Nous pouvons contribuer à résoudre les problèmes que leur posent le traitement, le transport et la répartition des produits de la mer.

Nous avons acquis des connaissances technologiques ainsi que l'expérience d'un pays, qui, grâce à des capitaux importés, a effectué un vaste programme pour l'exploitation rationnelle de ses ressources dans des conditions difficiles; ces atouts pourraient aider particulièrement les pays en voie de développement à exploiter leurs ressources côtières. Il y a là un domaine de coopération plein de promesses et il conviendrait de l'explorer soigneusement dans un avenir rapproché.

Tout cela incite le Canada à poursuivre ses efforts dans le domaine des sciences et de la technologie de la mer, tout en s'occupant des problèmes mondiaux, soit en concluant des accords bilatéraux, soit en participant à des plans de collaboration internationale.

Les programmes internationaux ont un aspect de solidarité, mais on doit aussi se souvenir que ni l'océan ni l'atmosphère ne respectent les frontières politiques qui séparent les hommes. Par ailleurs, une seule nation, même si elle est la plus riche, ne possède pas tous les moyens de résoudre les problèmes que posent ces deux milieux naturels. Aussi, y a-t-il de nombreuses études menées conjointement par plusieurs pays qui s'intéressent au développement des connaissances sur les

phénomènes météorologiques et océanographiques, ainsi qu'à leur prévision et leur utilisation.

Non seulement notre socle continental et les eaux qui le bordent constituent-ils une grande portion de la superficie du Globe, de telle sorte que nous avons une contribution à apporter au fonds des connaissances mondiales, mais il se trouve aussi que le comportement de l'atmosphère et de la mer au-delà de nos frontières influe de nombreuses façons sur les conditions de vie des Canadiens. L'étude de ces disciplines doit donc s'intégrer à nos activités nationales.

Il existe de nombreux programmes internationaux de ce genre. La Surveillance du temps dans le monde, le Programme de recherches sur l'atmosphère globale et le Programme biologique international sont des exemples de programmes actuels particulièrement dynamiques. Récemment, l'Organisation du Traité de l'Atlantique Nord a défini un certain nombre d'études ayant pour objet les «Problèmes de la société moderne». Chacun de ces programmes concerne la mer dans une grande mesure. Le Réseau global international de stations d'observation a mis longtemps à démarrer, mais cette organisation de nature essentiellement océanographique prendra certainement de l'importance au cours des dix prochaines années.

Ces programmes internationaux utilisent les services de nos meilleurs scientifiques et ont une influence sur le développement de nos laboratoires. La preuve que ces travaux jouent un rôle important dans l'ensemble de nos activités internationales a été attestée par la création au sein du ministère des Affaires extérieures d'un service qui est chargé des relations scientifiques et des problèmes de l'environnement. Il est essentiel que l'État, pour les besoins de sa politique future concernant les sciences et la technologie de la mer, s'assure que l'Administration dispose suffisamment de personnel et d'installations pour que la participation canadienne au niveau international soit active. Il est improbable que la contribu-

tion du Canada puisse être à la mesure de l'importance de la superficie du pays et de ses mers adjacentes dans le monde, mais il est certain que nous devons assurer cette contribution et augmenter nos connaissances dans une proportion supérieure à celle de notre population dans le monde.

La division en catégories qui a été employée dans l'énumération susmentionnée est entièrement artificielle et un grand nombre d'importants domaines des sciences de la mer se chevauchent. Par exemple, les problèmes de la pollution intéressent directement les loisirs et la pêche. Comme le pétrole est une cause de pollution, il y a là également interaction. Les activités dans le domaine de la défense nationale ont des répercussions considérables sur la technologie de la mer. Les activités scientifiques devraient réagir fortement sur tous les autres domaines. Ainsi, les organismes qui doivent s'occuper des sciences et de la technologie de la mer¹ ne peuvent pas avoir de limites trop précises. Non seulement ce domaine est-il interdisciplinaire, mais il ne se prêtera pas à un compartimentage quelconque. Il faudra donc user de beaucoup de subtilité pour mettre sur pied les organismes qui s'occuperont des sciences et de la technologie de la mer. Une solution à ces problèmes est proposée au chapitre VI.

Sommaire de l'étude sur les sciences et la technologie de la mer au Canada

Au cours de notre recherche, nous avons été fortement impressionnés par la façon remarquable dont les activités dans le domaine de la mer au Canada ont évolué au cours des dix dernières années. Cela est particulièrement vrai en raison de l'intérêt suscité par le pétrole sous-marin. Il faut s'attendre à ce que cette industrie ait un chiffre d'affaires de plusieurs milliards de dollars d'ici dix ans; elle fera sans doute largement appel aux sciences

¹Voir les définitions de l'annexe A.

et à la technologie de la mer pour obtenir l'information et les services nécessaires et l'État devra s'efforcer d'obtenir cette information; par ailleurs, le gouvernement devra mettre au point des mécanismes pour assurer le contrôle et le développement rationnel de cette industrie, dans l'intérêt de la nation. Même les pêches, qui passent communément pour illustrer une sorte de mécanisme de redistribution du bien-être et des richesses, témoignent d'une bonne santé économique à l'échelon local. Dans ces zones prospères, le taux de croissance de la pêche est considérablement plus élevé que celui du PNB même s'il ne doit pas être aussi remarquable que le taux de développement escompté des régions où l'on exploitera le pétrole et le gaz. Les connaissances que nous possédons donnent à penser que dans les pêches existent plusieurs domaines nouveaux, riches de promesses.

Nous n'avons pas traité directement dans notre étude des problèmes du transport maritime, mais nous avons étudié plusieurs aspects annexes importants comprenant les programmes de construction et d'utilisation de navires destinés à la recherche, les navires expérimentaux et la conception d'aménagements portuaires. Les problèmes de la défense nationale ne sont traités que dans la mesure où ils influencent les activités civiles ou agissent sur elles. Les effets de l'industrie sur l'environnement et les répercussions des activités générales de l'homme sur les conditions naturelles locales, et celles plus générales que l'on englobe dans le terme de «climat», sont tellement considérables que nous avons jugé nécessaire de les étudier plus en détail. Par ailleurs, il devient de plus en plus clair qu'en raison de ses propres intérêts et du devoir qu'il a de contribuer au développement du bien-être dans le monde entier, le Canada se doit d'étudier plus attentivement les conditions de sa participation aux activités scientifiques et technologiques internationales ayant trait à la mer. D'une façon générale, les problèmes et les perspectives qui se présentent dans les domaines du pétrole et du gaz,

de la pêche et des transports sont très importants pour le pays; l'intérêt du public pour les loisirs, la lutte contre la pollution et les prévisions ainsi que la régulation des phénomènes météorologiques le sont également. Il faudra donc réexaminer sérieusement le rôle que tiennent les sciences et la technologie de la mer sur la scène canadienne.

Compte tenu de ces besoins, nous sommes arrivés à la conclusion qu'un programme national pour l'exploitation rationnelle des ressources de la mer devrait rapidement être mis au point pour les années 1970. Ce programme devrait comporter quatre facettes:

1. une politique visant délibérément à la création d'une industrie secondaire importante axée sur les ressources de la mer et s'appuyant sur les sciences et la technologie actuelle ou prochainement accessible de la mer, ainsi que sur la compétence de l'industrie. Il s'agirait de servir l'industrie très prometteuse du pétrole et du gaz sous-marins, le secteur en expansion de la pêche et les domaines des loisirs et de la lutte contre la pollution;

2. une politique de mise en place de mécanismes à caractère juridique qui feraient intervenir efficacement les activités des disciplines de la mer dans l'élaboration des programmes nationaux et internationaux;

3. une politique destinée à faire des sciences et de la technologie de la mer une partie intégrale de la science de l'environnement, afin d'assurer le maintien d'un milieu physique et social de haute qualité;

4. une politique d'inclusion, dans le cadre du maintien de la qualité de l'environnement, des changements climatiques, et de mise en œuvre des programmes qui tendent résolument à évaluer nos possibilités de régulariser le climat. Ces programmes devraient fournir les connaissances voulues pour mener les négociations nationales et internationales qu'implique le maintien de la qualité de l'environnement.

Nos recherches nous indiquent que le Canada se trouve dans une situation par-

ticulièrement favorable pour utiliser les efforts de la nation dans le domaine marin; en effet, nous bénéficions déjà d'excellents établissements scientifiques et d'enseignement et il existe de vastes débouchés pour nos produits primaires. Cependant, il nous est clairement apparu qu'actuellement nos mécanismes administratifs ne nous permettent pas d'exploiter les possibilités présentes ni d'exécuter les tâches nécessaires. Par ailleurs, l'aide accordée à l'ensemble de ces activités ne nous semble pas assez élevée.

Nous en sommes venus à la conclusion qu'un certain nombre de démarches décisives doivent être entreprises pour mettre en œuvre une programme national efficace:

1. Le gouvernement fédéral devrait immédiatement former un comité consultatif, responsable devant le Ministre chargé de la politique scientifique. Ce comité devrait examiner les mérites du genre de programme national que nous proposons ici comme objectif aux années 1970 et comme fondement d'une politique nationale.

2. Le gouvernement fédéral devrait prendre l'initiative de mettre sur pied une puissante industrie secondaire canadienne, indépendante du point de vue technique, en créant une Société canadienne pour l'exploitation de l'océan, sous forme de société de la Couronne. Cet organisme posséderait de larges pouvoirs et de solides possibilités financières. Il devrait être chargé de coordonner le développement des activités canadiennes se rattachant à la mer. Au moyen de conseils, de la persuasion, ou de contrats financiers, il pourrait:

a) lancer la fabrication d'instruments et d'appareils spéciaux qui seront destinés aux marchés du Canada et de l'étranger;

b) encourager la création de firmes fournissant des services et de bureaux privés d'experts-conseils;

c) promouvoir l'expansion des activités de recherche et de développement technique dans l'industrie;

d) encourager l'application dans l'industrie de la technologie mise au point

dans les laboratoires de cette dernière et dans ceux de l'État.

3. Le gouvernement fédéral devrait modifier les mécanismes administratifs et la répartition des responsabilités qui lui permettent de promouvoir la croissance des connaissances scientifiques et technologiques et leur utilisation accrue par les dirigeants de l'industrie et du secteur public. Une nouvelle structure est proposée au Chapitre VI. Le présent rapport traite séparément de plusieurs aspects de cette question, notamment aux chapitres V et VI. Parmi les besoins qui se font sentir, nous pouvons citer:

a) l'étude des méthodes appropriées pour administrer la recherche et les services séparément, en accroissant les pouvoirs et les responsabilités au niveau des activités scientifiques; (pp. 144-149)

b) l'intégration de la direction des recherches de l'État aux services supérieurs des ministères; (pp. 144-145)

c) l'association de l'État et de l'industrie au niveau des activités de recherche et de développement technique; (pp. 145-146)

d) la création d'un service itinérant d'information concernant l'exploitation des ressources de la mer;

e) la création d'une forte compétence dans l'industrie en matière de recherche et de développement technique; (pp. 113-116, 131-140, 147)

f) une plus large utilisation des stimulants destinés à promouvoir la diffusion de la technologie, soit par des contrats conclus à l'extérieur, soit en obtenant une plus grande mobilité du personnel; (pp. 146-149)

g) une nouvelle étude des structures douanières et des droits de douane en vue d'empêcher que les entreprises canadiennes soient pénalisées; (pp. 39-40, 149)

h) l'extension des subventions du CNRC fondées sur le mérite des chercheurs, à tous les milieux scientifiques y compris ceux de l'administration et de l'industrie; (pp. 141-142)

i) la démarcation entre les subventions

fondées sur le mérite du chercheur, qui sont accordées par le CNRC et celles des ministères, basées sur la pertinence des travaux de recherche; (p. 142)

j) la stabilisation des offres d'emploi aux diplômés, pour que les universités puissent planifier leurs effectifs étudiants cinq ans à l'avance, ainsi que l'assouplissement de l'octroi des bourses de recherche postdoctorales; (pp. 107-108, 142-143)

k) un desserrement des liens de causalité entre la recherche universitaire et la formation des diplômés; (pp. 108-110)

l) la création de programmes de formation pour les technologues de l'océan; (pp. 109-110, 143-144)

m) la conservation des meilleurs traits des méthodes actuelles visant à coordonner les programmes et à fournir des installations; (pp. 67-69, 126-129, 149-157)

n) la prise de mesures d'urgence pour combattre les épanchements d'hydrocarbures en mer; (pp. 48-49, 82-85)

o) l'unification et l'amélioration des mesures que pourra prendre le gouvernement pour régler les problèmes futurs de la pollution; (pp. 85-87)

p) l'organisation et le renforcement des activités dans le Pacifique et dans l'Arctique. (pp. 156-159)

Les problèmes que pose l'élaboration d'un programme des sciences et de la technologie de la mer sont en grand nombre et très variés. Il est difficile de réaliser une bonne coordination et de donner au public canadien les moyens de se prononcer sur les programmes. Afin d'aboutir à une concentration des activités, nous recommandons l'étude d'une série de quatre programmes principaux. Ceux-ci sont décrits brièvement au Chapitre II, pp. 42-46 et au Chapitre V, pp. 116-119; nous traitons des méthodes qu'il faudrait utiliser pour administrer ces programmes au Chapitre VI, pp. 161-163.

Des lignes de conduite et des politiques devront, cela est nécessaire, être mises au point le plus tôt possible au cours de la décennie de 1970; mais par ailleurs, il est d'ores et déjà particulièrement urgent de coordonner et de diriger rationnelle-

ment le développement des industries du pétrole et du gaz sous-marins. Ces industries sont déjà en plein essor, mais les décisions particulières que prennent à leur sujet les différents ministères se chevauchent et parfois se contredisent; elles tendent déjà à paralyser les activités desdites industries et à permettre une mainmise étrangère. En conséquence, nous proposons la création immédiate d'un Comité interministériel de la plateforme continentale, composé de hauts fonctionnaires et susceptible de fonctionner en liaison avec le Comité interministériel des ressources. Quelques problèmes proposés à l'attention de ce comité ainsi que ses attributions sont ébauchés au Chapitre II, pp. 35-42.

Le soutien du surcroît d'activité dans le domaine de la mer exigera une augmentation des dépenses faites en faveur des sciences et de la technologie de la mer dans les secteurs de l'industrie, de l'Administration et des universités du Canada. Après avoir analysé les nécessités et les besoins en cause, nous avons élaboré ce que nous croyons être des prévisions réalistes, en tenant compte des avantages espérés. Nous avons conclu qu'en 1980 les fonds publics consacrés au financement des activités scientifiques et industrielles liées au domaine de la mer devraient être presque doublés. Des détails sont fournis à ce sujet au Chapitre VII.

Chapitre II

La recherche des hydrocarbures de la plate-forme continentale

Promesses d'avenir et responsabilités particulières

La situation actuelle des activités de recherches pétrolières et gazières concernant les gisements sous-marins est tellement différente des autres aspects des sciences de la technologie de la mer que nous l'étudions séparément dans le présent rapport. Il y a des questions qui exigent, de la part du gouvernement, des décisions extrêmement urgentes, et d'autres qui demandent de nouvelles structures capables de faire face aux changements rapides, avec souplesse et célérité.

On peut se rendre compte du rythme rapide des changements actuels si l'on considère le fait que, entre 1968 et 1969, l'étendue couverte par les permis fédéraux pour la mise en valeur du pétrole et du gaz sous-marins est passée de 217 millions à 450 millions d'acres. *Oilweek*¹ indique que les évaluations que l'industrie a faites de ses dépenses en recherches sous-marines ont été de 15 millions de dollars en 1967, de 20 millions en 1968² et d'environ 25 millions en 1969; on s'attendait à ce que ces dépenses soient d'au moins 40 millions en 1970. Répartis sur une période de 12 ans, les programmes de travaux dans les concessions sous-marines se montent à environ 1.2 milliard de dollars. Le même numéro d'*Oilweek* remarque qu'«étant donné qu'il s'agit de la première grande découverte de pétrole sous-marin, ces chiffres ne représentent qu'un modeste départ, car les mises de fonds ont tendance à augmenter de façon vertigineuse».

Le tableau n° II.1 indique l'ampleur des possibilités pétrolières. On peut calculer qu'un baril de pétrole vaut un peu plus de 2 dollars et qu'un million de pieds cubes de gaz représente un peu plus de 100 dollars. Les réserves sous-marines de pétrole et du gaz sont à peu près égales à la moitié des réserves totales du Canada.

Selon d'autres évaluations, cette proportion est beaucoup plus élevée, et nous avons l'impression que les chiffres de la CPA cités au tableau n° II.1 sont, en vérité, très en deçà de la réalité. Pour bien situer le problème, prenons la riche région du pourtour du golfe du Mexique, au large du Texas et de la Louisiane; on pense qu'elle renferme des réserves récupérables ne dépassant pas 4 500 millions de barils de pétrole et 50 billions* de pieds cubes de gaz naturel, soit le dixième du potentiel sous-marin du Canada. Un mémoire de l'*Amoco* soumis au Comité³ du transport par eau signale qu'en 1968 ce gisement du Texas et de la Louisiane a produit plus de 900 000 barils de pétrole et 5 milliards de pieds cubes de gaz quotidiennement, grâce à 5 452 puits de pétrole et 1 735 puits de gaz. Pour mieux comprendre ces chiffres, on peut les comparer à la moyenne quotidienne de la production canadienne, qui en 1966 a été d'environ 1 million de barils de pétrole et de 4.2 milliards de pieds cubes de gaz⁴.

Ainsi, la production de pétrole et de gaz sous-marin promet d'être au moins aussi importante que l'est actuellement l'industrie du pétrole de notre pays, ou même de la dépasser plusieurs fois. Beaucoup de ces espoirs concernent les eaux qui entourent les provinces de l'Atlantique, c'est-à-dire la région du Canada dont le développement économique est le plus urgent.

Il est très possible que l'activité de l'industrie pétrolière ait au cours des prochaines années le même effet spectaculaire sur la vie économique des provinces de l'Atlantique que celui qu'elle a eu en Alberta, car les populations de ces deux régions ont presque la même importance numérique: 2 millions d'habitants dans les provinces de l'Atlantique et 1.5 million en Alberta. Comme l'a signalé l'Associa-

¹Oilweek du 12 mai 1969.

²En guise de comparaison, signalons que les dépenses du gouvernement fédéral pour les travaux géophysiques au large des côtes étaient d'environ 5.5 millions de dollars en 1968.

³Mémoire adressé le 3 décembre 1969 par l'Amoco Canada Petroleum Limited au Comité des transports par eau de la Commission canadienne des transports.

⁴Annuaire du Canada, 1968.

*50 x 10¹² pi³.

Tableau n° II.1—Capacité de production du pétrole sous-marin au Canada

Zone	Superficie	Volume des couches sédimentaires	Production	Réserves possibles	Réserves de gaz
	en milles carrés	en milles cubes	en barils de pétrole par mille cube	en millions de barils	en billions de pieds cubes (10 ¹² pi. ³)
Côtes de l'Arctique	250 000	450 000	55 000	24 750	148,5
Littoral atlantique	246 000	450 000	55 000	24 750	148,5
Golfe du Saint-Laurent	94 000	145 000	15 000	2 175	10,9
Baie d'Hudson	365 000	145 000	20 000	2 900	17,4
Littoral pacifique	48 000	45 000	40 000	1 800	10,8
Total pour toute la plate-forme canadienne	1 003 000	1 235 000	—	56 375	336,1
Total pour tout le Canada	2 057 000	2 641 500	—	120 805	724,8

Source: L'Association canadienne du pétrole (CPA), sauf en ce qui concerne les côtes de l'Arctique; *Oilweek* a fondées évaluations au sujet de cette dernière zone grâce à diverses données dont certaines provenaient de la CPA.

tion canadienne du pétrole¹, il est difficile de mesurer ces répercussions si considérables qu'elles entraînent un accroissement notable de la population. À première vue, cependant, il est clair que tout en Alberta, depuis l'importance de l'activité économique jusqu'à l'image même que les gens se font d'eux-mêmes, a été modifié par l'expansion de l'industrie.

On peut se faire une idée des effets futurs de l'industrie pétrolière en considérant d'autres données concernant le pourtour du golfe du Mexique. On se souviendra que dans le cas du Canada les résultats doivent être beaucoup plus importants, peut-être même multipliés.

D'après l'*Oil and Gas Journal*², au cours du printemps de 1969, pas moins de 68 plates-formes de forage mobiles servaient à l'exploration du golfe du Mexique. Parmi celles-ci, 30 foraient par plus de 100 pieds de profondeur. Chaque plate-forme représente une mise de fonds de plusieurs millions de dollars. Les plates-formes Sedco, qui sont actuellement construites à Halifax, coûtent environ 12 millions de dollars chacune, mais il faut noter que ce chiffre est bien plus élevé que pour l'équipement habituellement utilisé dans le golfe du Mexique, car au large des côtes de l'Atlantique les eaux

sont beaucoup plus profondes.

Ces installations sont destinées aux forages de prospection; pour l'exploitation, il faut des ouvrages différents. Des études fondées sur des travaux réalisés dans l'inlet Cook, en Alaska, ont abouti aux chiffres suivants³ pour la construction d'une plate-forme d'extraction posée dans 300 pieds d'eau:

Quantité d'acier requise	9 000 tonnes (chaque tonne d'acier vaut plus de 100 dollars)
Temps requis pour la mise en service	45 jours
Personnel nécessaire à la construction et à l'entretien du ponton de transport des éléments de la plate-forme	82 hommes
Équipages de six remorqueurs (11 hommes pour chacun)	66 hommes
Petit bateau de service	3 hommes
Total des journées de travail effectuées par une main-d'œuvre très spécialisée	6 800

Nous avons déjà remarqué que l'on compte, dans le golfe du Mexique, plus de 7 000 puits productifs. En raison des conditions naturelles plus rigoureuses, les puits canadiens devront être plus productifs pour être rentables, mais il sera également important qu'ils soient nombreux. La main-d'œuvre totale utilisée directement dans les opérations qui se déroulent au large des côtes du golfe du Mexique est évaluée¹ à environ 60 000 hommes, mais ce chiffre ne comprend pas les activités annexes comme l'entreposage,

¹Mémoire de la Commission royale d'enquête sur la fiscalité, présenté au ministre des Finances par l'Association canadienne du pétrole, en septembre 1967.

²*Oil and Gas Journal*, le 12 mai 1969.

³Source privée.

la fabrication de l'acier, l'usinage et le stockage, pour ne mentionner que celles-là.

Des milliards de dollars sont en jeu! Il vaut certainement la peine d'investir du temps et de l'argent pour que les Canadiens retirent un profit substantiel des activités qui se dérouleront sur le plateau continental canadien, et dans le monde en général.

Nous avons signalé ci-dessus les répercussions qu'a eues en Alberta l'exploitation de ressources pétrolières peut-être moins considérables. Les provinces de l'Atlantique possèdent même certains atouts que l'Alberta n'avait pas. L'industrie pétrolière est une grande consommatrice d'acier. Elle n'utilise pas seulement de vastes quantités de conduites en acier et beaucoup d'acier de construction, mais encore de nombreux réservoirs et des accessoires de toutes sortes. Contrairement à l'Alberta, la Nouvelle-Écosse possède des aciéries. À notre avis, les opérations pétrolières doivent permettre une intégration verticale de l'industrie de l'acier. Nous estimons que celle-ci doit examiner *dès maintenant* les perspectives qu'offre la fabrication des tiges de forage. Non seulement est-elle favorablement située pour approvisionner toutes les entreprises de forages des provinces de l'Atlantique, mais elle pourrait lutter avantageusement contre la concurrence, si elle assume le même rôle dans toute la partie est de l'Arctique. Les espoirs d'une réussite dans au moins une de ces régions sont tellement grands que l'on est presque certain qu'il y aura un marché canadien pour les tiges de forage. Au cas improbable où ces espoirs et attentes ne se concrétiseraient pas, il resterait que de semblables travaux au large des côtes se poursuivent dans quelque 70 pays de différentes parties du monde; il est sûrement possible de trouver un débouché quelque part, même si la marge de profit se révèle moins intéressante qu'elle ne le serait dans le cas de livraisons à des entreprises canadiennes opérant au large des côtes et dans l'Arctique.

L'industrie pétrolière a causé la prospérité de l'Alberta sans grande intervention

de l'État, exception faite des réglementations concernant la protection de la nature ainsi que le contrôle et la vente des permis de recherche et concessions pétrolières. Au début, presque tout le personnel engagé était originaire des États-Unis, mais avec les années, la population locale a été de plus en plus utilisée si bien que présentement l'industrie emploie surtout des Canadiens.

Ne peut-on s'attendre à ce que la même chose se produise dans le cas du pétrole sous-marin? Notre réponse à cette question est: Non! Bien entendu il n'y a pas de main-d'œuvre sur les lieux et les opérations sont nécessairement dirigées de loin. Nous croyons que, si le gouvernement canadien n'intervient pas, ces opérations seront dirigées d'encore plus loin, de l'étranger. L'avantage que les Canadiens tireraient de l'exploitation de leurs ressources ne serait pas alors aussi important qu'il devrait l'être. Non seulement le gouvernement canadien doit exercer un contrôle sur toutes ces activités, mais il doit établir une réglementation pour que la participation canadienne soit la plus grande possible.

La figure n° II.1 montre la grande étendue des zones d'exploration au large. Des permis pour la recherche du pétrole sous-marin ont été délivrés pour presque toutes les zones du plateau continental canadien: au large de la côte ouest du Canada, dans les eaux du «couloir maritime» du Pacifique, dans la mer de Beaufort, parmi les îles de l'Arctique, dans la baie d'Hudson, dans le golfe du Saint-Laurent, sur la plate-forme continentale de la Nouvelle-Écosse, sur la plate-forme continentale du Labrador, sur les Grands bancs et au cap Flamand. Chaque zone présente des problèmes particuliers et pourrait être étudiée séparément. Cependant cette étude détaillée n'a pas sa raison d'être dans le présent rapport et il nous suffira de grouper ces zones en trois grands ensembles dont les problèmes diffèrent sensiblement, à savoir: les eaux qui entourent les provinces de l'Atlantique, les zones de l'Arctique, y compris la baie d'Hudson, et la côte Ouest.

La zone de l'Atlantique

On est tellement assuré de découvrir des réserves de pétrole et de gaz sur le plateau continental qui entoure les provinces de l'Atlantique, et la capacité de production est si importante, qu'en vérité l'on est en droit de s'inquiéter de l'existence de débouchés. Nous n'avons pas estimé qu'il revenait au groupe d'étude d'enquêter sur cette question. Nous supposons que, si l'industrie est disposée à investir de telles sommes prises sur ses propres fonds, des débouchés se présenteront. De toute façon, l'industrie s'attend à ce que la demande croisse normalement d'environ 8 p. 100 par année¹, faisant plus que doubler en 10 ans. L'Office national de l'énergie prévoit² que la production canadienne de pétrole sera cinq fois plus grande en 1990—ce qui représente à peu près le même taux de croissance. Si l'on ajoute qu'environ la moitié du pétrole raffiné au Canada est importé, on peut considérer que la vente du pétrole ne s'avérera pas un grave problème. Les débouchés pour le gaz existent sans doute aux États-Unis³. Si les nombreuses négociations concernant une politique nord-américaine aboutissent, l'accès à l'immense marché américain devrait résoudre la plupart des problèmes de vente.

Compte tenu de la technologie actuelle, il est beaucoup plus coûteux d'exploiter le pétrole au large des côtes que sur la terre ferme; l'exploitation ne sera rentable que si l'on découvre de grands gisements, mais c'est évidemment l'opinion de l'industrie que tel sera le cas. Dans la seule zone de l'Atlantique, les frais des programmes des travaux qui seront effectués en vertu des permis fédéraux atteindront environ 660 millions de dollars au cours des douze prochaines années. Comme nous l'avons signalé, dès qu'une nappe pétrolifère sera découverte, le rythme des dépenses et leur montant augmenteront rapidement. En guise de comparaison,

disons que la plus-value au PNB canadien, due à la pêche commerciale est maintenant de l'ordre de 300 millions de dollars par an. Ainsi, les quelque 50 millions de dollars qui seront dépensés chaque année pour l'exécution de ces travaux, reflètent une activité substantielle, *si toutefois l'économie du pays en tire un avantage suffisant.*

L'un des plus grands atouts humains des provinces canadiennes de l'Atlantique réside dans leur population de marins. Actuellement, pour ce groupe, le niveau de l'emploi est assez bas, notamment à Terre-Neuve. Le plus possible, l'on devrait exiger que les bateaux utilisés pour prospecter les concessions et extraire le pétrole, soient montés par des équipages canadiens. Il faudrait également avoir recours à des navires canadiens dès que ceux-ci seront disponibles. Il vaut la peine de souligner que le mémoire de l'Amoco⁴ signale qu'environ 504 navires de forme classique ont été utilisés pour desservir la région du golfe du Mexique en 1960. Si les nouvelles activités ont pour résultat de réduire la main-d'œuvre ou le nombre des navires affectés au secteur de la pêche, il faudra accepter cette situation qui exigera cependant une rationalisation beaucoup plus rapide de la pêche (voir Chapitre IV). Le résultat final sera une utilisation bien plus productive des compétences précieuses dont nous disposons dans le domaine maritime.

Plusieurs problèmes solidaires les uns des autres se poseront quand il s'agira d'exploiter convenablement les possibilités offertes par l'essor extraordinaire de l'industrie du pétrole sur la côte Est. Un certain nombre de ministères fédéraux doivent contribuer à résoudre ces problèmes.

Il faudra veiller à ce que la pêche ne subisse pas de répercussions fâcheuses. Le ministère des Pêches se trouve ici directement concerné.

Le ministère des Transports a d'importantes fonctions à remplir. Il est chargé d'appliquer la loi sur la marine mar-

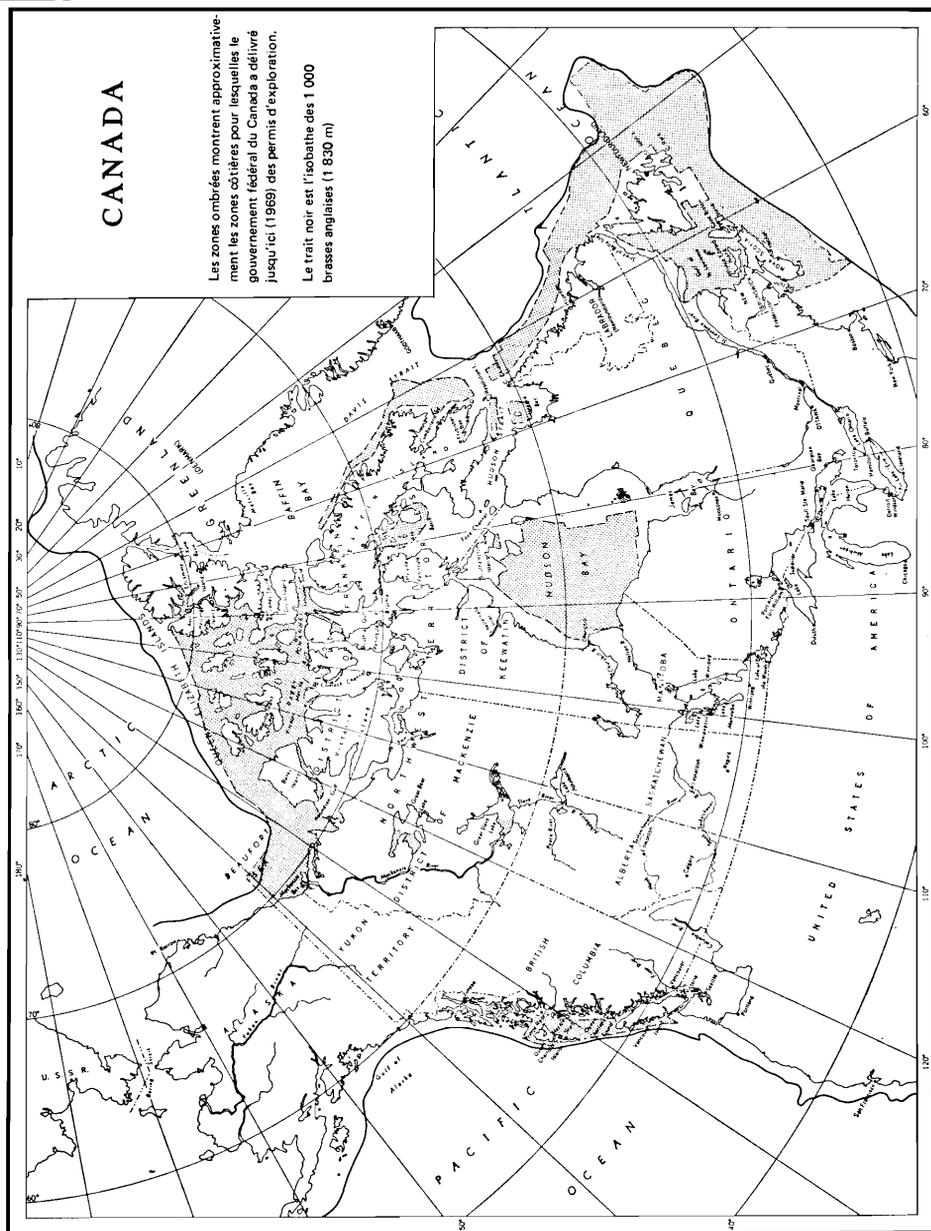
¹The Financial Post, 13 décembre 1969.

²Montreal Gazette 74th Business Review and Forecast, 2 janvier 1970.

³Oilweek, 5 janvier 1970.

⁴Document déjà cité.

Figure II.1—Prospection pour le pétrole sous-marin



chande du Canada. Les décisions que prendra ce ministère pour l'application des règlements qui régissent les transports maritimes peuvent exercer une influence considérable sur les nouvelles activités. Le ministère doit agir avec intelligence et une grande délicatesse car ces décisions peuvent influencer très fortement sur les aspects économiques de toutes les opérations ainsi que sur le degré de la participation du Canada.

Le ministère des Affaires extérieures se trouve concerné du fait que la juridiction des divers pays sur le plateau continental adjacent à leur territoire n'est pas clairement définie. Le ministère devra prendre des décisions en chaque cas en envisageant leurs répercussions sur les activités futures d'aménagement et de gestion.

Le ministère de l'Industrie et du Commerce a un rôle vital à jouer car les entreprises canadiennes doivent être encouragées. Par ailleurs, le ministère a une bonne connaissance des moyens et des capacités de l'industrie canadienne.

Le ministère de l'Expansion économique régionale se trouve directement concerné, car l'importance de l'industrie du pétrole sous-marin est si grande que toutes les autres activités de la région intéressée se trouveront modifiées. De plus, ce ministère envisage l'expansion industrielle sous un angle différent de celui du ministère de l'Industrie et du Commerce.

Le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources est concerné dans au moins deux domaines. Le ministère est chargé d'octroyer des concessions pétrolières. Grâce à une application souple des règlements concernant les programmes de travaux, il peut avoir une grande influence sur le genre de travail effectué et sur ceux qui l'effectuent. Ce ministère a déjà joué un rôle important, par l'intermédiaire de l'Institut d'océanographie Bedford et de la Commission géologique du Canada, et il a acquis une compétence considérable. De fait, l'industrie elle-même¹ a félicité ces deux organismes pour leur travail de pionnier qui a «suscité des efforts de pros-

pection au large des côtes». Le ministère est également chargé d'effectuer des levés et de recueillir des données concernant le milieu océanique dans la zone en question; il doit aussi harmoniser ses travaux avec ceux de l'industrie. Enfin, il a le devoir de s'assurer que l'on saura tirer le plus grand profit des relevés et des travaux de prospection accomplis par l'industrie.

Il existe déjà des règlements concernant le classement des carottes extraites au cours des sondages. Les données ainsi obtenues deviennent publiques après un délai raisonnable. Des règlements semblables devraient être mis en vigueur au sujet des échantillons géologiques recueillis par des dragues, des scaphandriers et des engins sous-marins. Le ministère doit avoir l'entière connaissance de toutes les données que recueille l'industrie. Ces renseignements, ajoutés à ceux obtenus grâce aux levés du ministère et à ceux que ce dernier obtient d'une seconde étude des échantillons recueillis par l'industrie, peuvent éventuellement servir à l'établissement de cartes géologiques et géophysiques, tâche qui échoit au ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources.

Outre ces organismes fédéraux, toutes les provinces concernées ont des obligations et des droits, et l'on doit les consulter. Non seulement ont-elles leurs opinions au sujet de l'expansion industrielle, mais elles plaideront sans doute en faveur des activités récréatives et se feront les interprètes des populations locales qui s'inquiètent de la pollution.

Le grand nombre de ministères concernés rend particulièrement difficile le problème de la gestion des intérêts publics dans ces nouveaux domaines d'activité. Dans un grand nombre de cas, il faudra user de beaucoup de diplomatie et de souplesse.

Nous avons noté un certain nombre de cas où le manque de coordination entre divers services du gouvernement fédéral a produit des résultats qui non seulement furent décevants et coûteux pour l'industrie canadienne, mais de toute évidence préjudiciables aux intérêts de notre pays. On ne perçoit aucun lien entre les lignes

¹Oilweek, 12 mai 1969, p. 49.

de conduite des différents ministères. À titre d'exemple, un observateur extérieur ne serait pas capable de décider si notre politique consiste à obtenir une participation appréciable de l'État aux programmes de prospection pour le pétrole sous-marin, ou si elle vise à ne garantir cette participation qu'au stade de l'*exploitation*. S'il s'aventurait quelque peu dans le labyrinthe gouvernemental—comme nous l'avons fait—il se rendrait bientôt compte que certains organismes du gouvernement suivent bien leurs lignes de conduite, mais que celles-ci non seulement ne sont pas coordonnées mais qu'elles entrent souvent en conflit!

Un certain nombre de questions fondamentales doivent être posées, de préférence par le Cabinet. En voici quelques-unes: 1° L'exigence d'une large participation canadienne à la mise en valeur des ressources sous-marines doit-elle retarder la localisation rapide et efficace des ressources en cause et leur exploitation? 2° Le besoin d'expansion industrielle régionale doit-il prendre le pas sur l'efficacité de la participation canadienne, qui serait plus vigoureuse si la plus grande partie des activités industrielles se déroulaient dans le cœur industriel du pays? 3° Quelle rigueur devraient avoir les règlements visant à réduire les dangers de pollution et les autres conséquences nuisibles pour la pêche et les activités récréatives?

Nous croyons que les règles fondamentales de l'activité des sociétés pétrolières au Canada ne devraient être changées qu'après un préavis suffisant. Une des raisons pour lesquelles il y a tant d'activité dans les eaux canadiennes, vient du fait que les règlements de notre pays sont relativement favorables et stables. Cependant, il est probable que les nouvelles activités pétrolières des prochaines années auront un caractère très inconstant. Quoiqu'il en soit, toute politique, quelle que soit sa stabilité, devra s'appuyer sur un grand nombre de décisions particulières. Les diverses responsabilités ministérielles réagissent les unes sur les autres, et les responsables des différents ministères ne doivent pas agir sans connaître

les travaux de leurs voisins et les objectifs qu'ils se sont fixés.

Pour être sûr qu'une politique concertée sera suivie, nous recommandons de mettre sur pied un comité interministériel du plateau continental composé de représentants (par exemple sous-ministres adjoints) des ministères de l'Énergie, des Mines et des Ressources; de l'Industrie et du Commerce; de l'Expansion économique régionale; des Affaires extérieures; des Transports; et des Pêches et Forêts. Cet organisme devrait avoir pour principale fonction d'examiner régulièrement les décisions particulières que prendraient les différents ministères au sujet des activités pétrolières et gazières dans le plateau continental, et il devrait suivre une ligne de conduite cohérente. À cet effet, il devrait jouer également le rôle d'instance d'appel quand une industrie jugerait que les décisions prises ne sont ni raisonnables ni cohérentes. Dans le cadre de la politique générale, le comité pourrait travailler en liaison avec le comité interministériel des ressources. Cependant, toutes les fois qu'un point aurait besoin d'être clarifié, les membres du comité devraient s'en remettre à leurs ministres respectifs pour prendre les décisions finales. Des représentants des ministères provinciaux concernés devraient être invités à communiquer leurs idées au Comité en cause et, peut-être, à participer à ses délibérations.

D'après nous, un comité de ce genre, se réunissant fréquemment, constituerait l'organe le plus efficace pour faire face à une situation dont l'évolution est très rapide. Une autre méthode consisterait à charger un technocrate dynamique de tous les problèmes qui se présenteront. Cependant, cela pourrait causer des difficultés administratives, car apparemment il n'existe pas de ministère aux intérêts prédominants en ce domaine, et dont ce technocrate pourrait dépendre. Aussi, préférons-nous la solution du Comité.

Nous considérons que les objectifs que le Comité susmentionné devrait poursuivre en réglementant l'exploitation des ressources pétrolières peuvent être énumérés comme suit:

1. Augmenter le produit national brut du Canada.

2. Favoriser la participation des Canadiens à des activités rémunératrices, encourageantes et hardies.

3. Réduire ou annuler les effets néfastes sur le milieu océanique.

4. Favoriser l'expansion économique régionale.

Il ne faut pas voir un ordre de priorité dans cette liste, telle qu'établie. Tous les objectifs sont importants et doivent faire l'objet de programmes.

Ces divers objectifs peuvent causer des conflits, et ils ne concordent pas entièrement avec les buts de l'industrie. L'industrie étrangère n'a pas d'intérêt particulier à augmenter le produit national brut du Canada; que les *Canadiens* participent ou non à des travaux rémunérateurs et intéressants ne la préoccupe pas davantage. Si le gouvernement n'intervient pas de façon appropriée, c'est l'étranger qui bénéficiera d'une grande partie des avantages financiers et de la plupart des progrès techniques découlant de nouvelles activités. Nous sommes d'avis que le gouvernement doit intervenir pour que les Canadiens tirent un profit suffisant des activités qui se dérouleront dans leurs eaux, et des ressources qui se trouvent dans les zones où s'exerce l'autorité du Canada.

Il est de la plus haute importance de reconnaître qu'il y a de grands avantages à tirer des seuls travaux de prospection, que les espoirs concernant les ressources se concrétisent ou non. La recherche du pétrole exige un haut niveau de compétence dans un grand nombre de domaines. Voici quelques exemples. Les plates-formes de forage exigent des travaux tant de conception que de construction, et il en est de même pour la grande variété d'équipement et d'outillage que ces plates-formes supportent. Les levés géophysiques en mer doivent être effectués par des navires spécialement équipés; ils exigent un matériel perfectionné qu'utilise un personnel hautement spécialisé, que ce soit dans les activités à bord des bateaux ou dans les travaux d'analyse à terre. Les

travaux effectués en mer nécessitent des prévisions spéciales sur le vent et la houle.

Les Canadiens sont parfaitement capables d'acquérir la compétence nécessaire à l'exécution de tous ces travaux. S'ils acquièrent une haute compétence dans leurs propres eaux, on sollicitera leur concours dans de nombreuses autres parties du monde. Ce peut être le point de départ d'un grand programme d'exportation. Pour ces raisons, il semble important que la technologie purement canadienne se développe et que les spécialistes canadiens participent d'une manière importante aux nouvelles activités, même au stade de l'exploration.

Nous croyons que cette possibilité d'exporter constitue un critère valable pour élaborer des règlements et encourager la participation de l'industrie canadienne. Mais pour que les possibilités d'exportation se réalisent les entreprises canadiennes devront pouvoir résister à la concurrence. C'est pourquoi, l'industrie canadienne ne devrait pas être trop protégée. Elle aura besoin d'encouragement et peut-être d'une certaine protection *initiale* afin qu'elle puisse surmonter les inévitables «maladies de jeunesse» qu'elle connaîtra. Cependant, afin que l'industrie canadienne puisse avoir des notions claires de la concurrence étrangère, on devrait permettre une certaine participation des autres pays à toutes les phases des travaux. Toutefois dans le cadre d'une telle politique, la participation étrangère peut être strictement limitée. Nous croyons que les entreprises étrangères ne devraient pouvoir participer davantage aux activités qui doivent se dérouler dans les eaux canadiennes que sur la base d'accords de réciprocité permettant aux Canadiens d'entreprendre des travaux dans des eaux étrangères. (Il faudra faire preuve de quelque discernement en adoptant une politique de ce genre, car les sociétés étrangères peuvent se servir de navires battant un «pavillon de complaisance». Les entreprises canadiennes ont peu à gagner si elles obtiennent le droit de travailler, par exemple, au large des côtes du Libéria). Tous les règlements régissant les

activités des sociétés canadiennes devraient également s'appliquer aux entreprises étrangères qui travaillent dans les eaux soumises à notre juridiction.

À ce propos, il faut considérer que les eaux canadiennes ne comprennent pas seulement celles sur lesquelles s'exerce pleinement la souveraineté du Canada (eaux intérieures et eaux territoriales) mais encore celles, plus étendues, où l'État a des droits exclusifs sur les ressources sous-marines. La souveraineté du Canada sur les eaux intérieures et territoriales et sa juridiction sur les zones de pêche qui s'étendent au-delà des limites des eaux territoriales, sont revendiquées par la loi sur la mer territoriale et les zones de pêche de 1964. Cette loi permet au Canada de régir exclusivement l'accès aux ressources biologiques et minérales de la mer, qu'elles se trouvent au fond ou dans le sous-sol, en deçà des limites des eaux intérieures et territoriales. En vertu de cette législation, l'État a également des droits sur les ressources vivantes des eaux des zones de pêche qu'il régit exclusivement.

Au delà des eaux territoriales, les droits de souveraineté de l'État sur les ressources naturelles du plateau continental sont garantis par la Convention de Genève relative au Plateau continental, dont le Canada est signataire. Ce document déclare que les États qui possèdent des côtes ont compétence sur les ressources naturelles du fond de la mer et du sous-sol sous-marin, dans les zones côtières qui s'étendent plus loin que les eaux territoriales, «jusqu'à une profondeur de 200 mètres, ou au delà de cette limite, tant que la profondeur de la mer permet l'exploitation des ressources naturelles.» Ces droits sont exclusifs et ne dépendent nullement de l'occupation effective, des travaux de prospection et d'exploitation et aucun autre pays ne peut revendiquer un droit afférent au Plateau continental, ni même entreprendre des recherches scientifiques dans cette zone, sans le consentement de l'État riverain.

Notre proposition selon laquelle la réglementation des eaux côtières du Canada

doit s'appliquer de la même façon aux sociétés canadiennes et étrangères peut sembler trop généreuse pour les concurrents étrangers. Nous nous empressons d'observer que certaines procédures suivies par les ministères ont *pénalisé* précisément les utilisateurs canadiens. Par exemple, le ministère des Transports a exigé que le navire canadien de recherches géophysiques, «Calgary Catalina», soit conçu selon les normes d'un navire de charge. Ses concurrents américains, immatriculés aux États-Unis, ont été classés de façon moins exigeante dans la catégorie des bateaux de pêche. Notre principal souci est d'obtenir la suppression des ces pénalités cachées.

Nous croyons que les règlements et les procédures de mise en vigueur devraient contribuer à favoriser la compétence des entreprises canadiennes quant à la conception d'équipements de toutes sortes pour les recherches au large des côtes, et à celle d'installations permanentes d'exploitation. Chaque genre d'équipement—depuis les plates-formes de forage jusqu'aux raccords de tuyauterie—devrait être soigneusement étudié afin de découvrir si, oui ou non, notre industrie est capable de mettre au point et de fabriquer des produits proprement canadiens, susceptibles d'être, dans quelques années, compétitifs sur le plan international. Si la chose est possible, une partie du marché canadien devrait pouvoir absorber cette production. Peut-être pourrait-on établir un contingentement du genre de celui qui est mis en œuvre dans l'industrie textile? Dans le cas seulement où l'on ne pourrait pas mettre au point des produits purement canadiens, susceptibles de résister à la concurrence dans un délai raisonnable, on pourrait s'approvisionner entièrement en matériel étranger, dans tous les domaines.

En résumé, il faudrait que l'existence probable d'importantes ressources pétrolières au large des côtes canadiennes soit l'occasion d'aboutir à une production canadienne qui serait compétitive sur le marché mondial.

Il faudrait également que l'autorisation d'opérer dans les eaux côtières canadiennes, que l'on est prêt à accorder aux

sociétés étrangères conduise les Canadiens à obtenir une permission semblable à l'étranger.

En ce qui concerne ce dernier point, nous devons faire ressortir le fait qu'actuellement les Canadiens sont désavantagés. Une importante proportion de l'activité pétrolière côtière du monde se poursuit dans les eaux des États-Unis. Les règlements des États-Unis sont rédigés de telle façon qu'ils rendent difficile ou impossible la participation canadienne à cette activité. En revanche, les règlements canadiens sont si libéraux que les activités américaines dans les régions canadiennes sont importantes et s'exercent parfois au détriment des Canadiens. Ce problème a été évoqué au cours de réunions publiques d'information que nous avons tenues à Calgary. On nous a communiqué cette opinion, avec un accent qui ne pouvait venir d'ailleurs que d'une région située à environ 2 000 milles au sud-est: «vous ne pouvez combattre un nationalisme étroit avec un autre nationalisme étroit». Peut-être bien! Mais nous pensons que le Canada doit faire preuve d'un nationalisme éclairé dans les circonstances présentes.

En plus de ces fonctions importantes de réglementation, l'État a d'autres responsabilités à assumer par l'intermédiaire de ses laboratoires. Si la plus grande partie des travaux géophysiques dans les zones en cause peut être confiée à l'industrie, il demeure qu'il appartient à ces laboratoires d'établir les cartes à grande échelle des structures géologiques et géophysiques de toute la région. Les laboratoires pourraient exiger que l'industrie leur communique immédiatement les données sur les grandes formations géologiques. Ils laisseraient à l'industrie l'information sur les formations locales, d'une telle importance pour la mise en place des hydrocarbures. Sans aucun doute, les laboratoires découvriront des zones où il leur faudra exécuter leurs propres relevés en vue de compléter leurs cartes. Cette activité de l'industrie ne diminue pas, mais en fait renforce l'obligation qu'ont les laboratoires de l'État de recueillir et de colliger des

données concernant le milieu océanique, telles que le relief détaillé du fond de la mer, la mécanique des sédiments superficiels, l'existence probable de courants de turbidité, ainsi que la nature des courants moyens et alternants. De plus, les laboratoires doivent se renseigner suffisamment au sujet des déplacements des eaux de surface afin que l'on puisse prendre des mesures rapides et efficaces en cas d'épanchement de pétrole. Une collaboration étroite doit exister entre l'industrie et les laboratoires afin que les activités des deux ne se chevauchent pas. De plus, il importe que les laboratoires ne manquent pas d'obtenir les renseignements que l'industrie a le droit d'attendre d'eux.

Une des responsabilités traditionnelles de l'État, qui sera accentuée du fait de travaux de prospection et d'exploitation au large des côtes, est de fournir des aides à la navigation. Ces dernières ne correspondent pas aux exigences actuelles. Cette situation devrait être rapidement étudiée en collaboration avec l'industrie. Un aspect particulier de la navigation pose un problème nouveau, difficile et urgent. Les concessions pétrolières accordées par les autorités fédérales et provinciales sont définies en latitude et longitude. Si un gisement pétrolifère est situé à proximité d'une limite entre des concessions détenues par différentes sociétés, la position exacte de la limite devient d'une importance très considérable. Malheureusement, la méthode actuelle de détermination précise de la latitude et de la longitude d'un point particulier en mer demeure insuffisante. Ce qu'il faut, c'est un point de repère marin analogue à un repère de nivellement terrestre. Le problème n'est pas particulièrement facile à résoudre. Les bouées peuvent être balayées par les tempêtes, ou «récupérées» accidentellement ou intentionnellement. Les dispositifs posés au fond de la mer peuvent être dérangés par le chalutage. Il faudrait imaginer un dispositif qui ne reposerait pas sur le fond, mais qui y serait enfoui et que l'on pourrait localiser avec précision par une méthode acoustique. Il faudrait, de toute urgence, que ces appareils soient

déposés en nombre suffisant dans toutes les zones où la prospection pétrolière est active. Ils devraient être repérés avec le maximum de précision. Il sera probablement nécessaire de délimiter à nouveau les concessions en fonction de l'emplacement de ces appareils, placés le mieux possible, plutôt que d'après les latitudes et longitudes réelles, étant donné qu'il est peu probable que les techniques de navigation deviennent suffisamment précises dans un avenir prochain.

La pleine exploitation des ressources de la plate-forme continentale ne pourra s'effectuer que lorsque les différents problèmes de compétence seront réglés. Il en existe actuellement plusieurs. Au Canada, plusieurs différends opposent le gouvernement fédéral aux provinces. Dans un grand nombre de cas, les effets de ces mésententes ont été minimisés parce que les sociétés pétrolières ont réussi à négocier parallèlement des accords avec le gouvernement fédéral et les provinces. Dans d'autres, cependant, particulièrement le long des côtes du Québec, la situation est plus confuse. Du point de vue international, la limite entre nos eaux et celles des États-Unis reste encore à établir au moyen d'un accord; la démarcation entre les eaux du Canada et celles du Groënland reste quelque peu incertaine. Le problème se pose également de savoir quelle est la partie du plateau continental qui doit revenir à la France autour des îles Saint-Pierre et Miquelon.

L'industrie pétrolière possède un grand choix de zones pour ses activités de prospection. C'est pourquoi les étendues qui sont l'objet d'un différend seront tout simplement délaissées. Si l'on veut tirer l'avantage maximal des ressources, il est nécessaire de régler ces querelles de compétence. Il sera probablement plus facile de les régler *avant* plutôt qu'après les découvertes effectives de gisement de pétrole, de sorte qu'on puisse prendre rapidement les mesures nécessaires.

L'Arctique

En ce qui concerne les régions de l'Arcti-

que, les responsabilités administratives sont moins partagées que pour les zones qui se trouvent plus au sud. En effet, c'est surtout le ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien qui administre ces régions. Toutefois, là encore, nous recommandons de mettre sur pied un Comité du plateau continental qui devra assurer une certaine cohérence dans l'application des règlements.

Ce système comporterait de nombreux avantages. En fait, le *même* comité pourrait s'occuper de toutes les zones côtières, à l'est, à l'ouest et dans l'Arctique et le ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien pourrait être représenté au sein du comité. Grâce à un tel arrangement, l'industrie pourrait connaître clairement les décisions et la politique suivies; elle n'aurait pas à courir d'un ministère à l'autre, chaque fois que son action devrait être entreprise au-delà du 60^e parallèle. Le comité devrait pouvoir faire appel à diverses compétences, non seulement dans le domaine du pétrole et des questions juridiques qui s'y rattachent, mais également dans ceux de la navigation, des télécommunications, de l'écologie et de la banquise de l'Arctique. Il devrait également être prêt à agir promptement pour formuler de nouveaux règlements à mesure que la situation évoluera. Il est impossible de prévoir toutes les éventualités.

Comme le montre le tableau n^o II.1, les réserves de pétrole sous-marin de l'Arctique représentent environ 20 pour cent de tout le potentiel canadien et elles peuvent se comparer à celles du plateau continental au large des provinces de l'Atlantique. La découverte spectaculaire de la Baie Prudhoe, en Alaska, a particulièrement attiré l'attention du public sur cette zone. Il est facile de comprendre que l'Arctique pose un grand nombre de problèmes spécifiques. Comme dans le cas de la côte Est, nous estimons que l'intérêt national exige que ces problèmes soient résolus très bientôt. Toutes les fois que ce sera possible, il faudra utiliser des spécialistes canadiens. Certaines de ces compétences existent déjà, et il faudra y faire appel pour surmonter les difficultés

qui seront rencontrées.

Quelques-uns des problèmes se posent aussi bien pour le milieu terrestre que pour le milieu marin. Par exemple, quand la température de l'air descend au-dessous de -40°F , on connaît des conditions de vie et de travail qui sont à peu près inconnues dans les régions du sud du Canada. Toutefois, l'hiver, cette température est fréquente dans l'Arctique, sur la terre ou sur la mer. E.L. Lewis, du Groupe de recherche sur la banquise polaire du ministère des Mines, de l'Énergie et des Ressources, qui a travaillé dans ces conditions, estime que «peu d'équipements commerciaux, du moins s'il s'en trouve, fonctionneront de manière satisfaisante dans un milieu extrêmement froid. Ordinairement, il faut procéder à des modifications ou des adaptations importantes; ce problème concerne aussi bien les véhicules que les groupes électrogènes ou l'isolement du câblage des appareils électroniques». Des équipements spéciaux, dont certains sont très perfectionnés, ont été mis au point au Canada pour surmonter ces difficultés. Toutefois, ce n'est que très récemment que l'industrie s'est intéressée à ces problèmes. Ce sont surtout les ministères qui peuvent agir, et, à un moindre degré, les universités. Encore une fois, nous retrouvons la même situation: un grand degré de compétence spécialisée qui n'est associée à aucune capacité de fabrication.

Dans ce cas particulier, le problème est grave. Au cours de cette étude, nous avons trouvé que, généralement, l'industrie ne connaissait pas cette compétence. Le service itinérant d'information, dont nous proposons la formation au chapitre VI, devrait combler ces lacunes.

Les Canadiens devraient être parmi les premières nations, en ce qui concerne la technologie des basses températures. Actuellement, notre compétence en ce domaine est souvent inférieure à celle d'autres pays¹. Nous devons tirer tout le

¹Mémoire sur les recherches sur la glace de mer, dans le cadre des sciences et de la technologie de la mer au Canada. Ce travail a été réalisé par le Groupe d'études de la glace dans les eaux navigables, cco, novembre 1969.

parti possible des activités de prospection et d'exploitation pétrolières dans l'Arctique, pour que notre pays occupe, sous ce rapport, une position prééminente. De vigoureux efforts doivent être entrepris pour que les experts des universités et de l'Administration ayant acquis une compétence dans les problèmes de l'Arctique collaborent avec les usagers de l'industrie, qui manquent d'information. Au cours des deux ou trois prochaines années, l'urgence de ce genre de collaboration peut être si grande que l'État devra même réduire certains de ses propres programmes. En effet, le grand nombre de services de consultation que pourra solliciter l'industrie occupera considérablement les experts de l'État.

En fait, il est très probable que l'on trouvera du pétrole dans les sédiments du plateau continental de l'Arctique canadien. Cependant, de graves difficultés se présenteront pour la prospection et l'exploitation. Ces difficultés seront vaincues d'une façon ou d'une autre, mais nous devons envisager que, très probablement, les choses se passeront de la manière suivante:

Actuellement, il n'existe sans doute nulle part d'organismes assez compétents pour résoudre les problèmes que les compagnies pétrolières rencontreront dans l'Arctique. Cependant, aux États-Unis, on peut trouver quelques firmes d'experts-conseils bien organisées, ayant un certain degré de compétence. Quand l'industrie internationale aura besoin de résoudre un problème il est très probable qu'elle fera appel à ces firmes. Comme ces dernières ne sont pas réellement familiarisées avec les conditions de l'Arctique, elles commettront de nombreuses fautes au cours de leurs premières activités. Toutefois, ces fautes constitueront des leçons. Quand les problèmes se représenteront à nouveau elles pourront les résoudre en se fondant sur l'expérience du passé.

Selon notre opinion, il importe que ce soit le Canada qui suive ce processus par lequel des moyens limités conduisent à l'expérience et, ainsi, à une compétence réelle. Malheureusement, au départ, les

Canadiens sont quelque peu défavorisés, non tellement sur le plan des connaissances mais plutôt sur celui de l'organisation. Le gouvernement doit intervenir pour amener des résultats favorables. Nous estimons que cette intervention sera la plus efficace si le gouvernement soutient des programmes ayant des objectifs bien définis. Deux programmes de ce genre sont exposés ci-après.

1. Étude géophysique du plateau continental de l'Arctique

De graves problèmes se présentent quand on tente de faire de l'exploration géophysique dans les sédiments qui se trouvent sous l'eau couverte par la banquise. Les méthodes classiques visant à obtenir des profils de réflexion sismique en mer donnent généralement des résultats de grande qualité; cela compense en partie les difficultés que l'on rencontre quand on travaille en mer. Cependant, la diffusion rétrograde des ondes par la face inférieure de la glace et les autres phénomènes acoustiques associés à cette couche peuvent diminuer fortement la qualité des données sismiques. Par ailleurs, les difficultés de déplacement sur la glace et de forage font que les données sont obtenues beaucoup plus lentement. Nous pensons que ces problèmes seront finalement résolus. L'intérêt du pays exige que ce soient des Canadiens qui acquièrent la compétence voulue. Dans ce but, nous proposons que l'on se livre à une étude géophysique du plateau de l'Arctique grâce, en partie, à des subventions de l'État.

Il est préférable que la plus grande partie possible de ce travail soit confiée, sous forme de contrat, à des entreprises canadiennes et que peu, ou rien, ne soit fait dans les laboratoires de l'État. Nous proposons plus spécialement de créer une équipe de coordination afin de concevoir un plan approprié. (L'État devrait fournir le chef de cette équipe, mais peut-être pas les ingénieurs). On envisage d'entreprendre des activités, à la fois sur l'eau et sous sa surface. Certains travaux devraient faire l'objet de contrats octroyés à des sociétés canadiennes. Il s'agirait non

seulement de faire effectuer le travail, mais aussi de créer et de diffuser un certain degré de compétence, sous une forme variée, pour les besoins des travaux sur la glace et sur les eaux de l'Arctique. On espère que lorsque les sociétés canadiennes auront acquis cette compétence, d'autres organismes de notre pays et de l'étranger, notamment les sociétés pétrolières, y feront appel pour leurs propres besoins. Les programmes financés par l'État seraient relativement réduits, mais une activité minimale régulière serait maintenue.

Au moins au début, il pourrait être avantageux que l'étude financée par l'État porte surtout sur les eaux du passage du Nord-Ouest, entre les îles de l'Arctique. Cela contribuerait à renforcer la présence du Canada dans ces zones. L'État, si l'on accepte le soutien qu'il fournira sous forme d'aide à la navigation et au moyen d'un brise-glace, ne devrait intervenir que pour assurer la direction générale des opérations et pour les financer. Le principal objectif est d'augmenter la compétence de l'industrie, qui par ailleurs pourra utiliser librement les services consultatifs des scientifiques et des technologues de l'État ayant les connaissances voulues.

La glace pose des problèmes non seulement pour la prospection mais aussi pour l'exploitation des ressources du plateau continental. Là encore, nous estimons que nous devons affronter ces difficultés et acquérir une compétence qui permettra de les surmonter; ce sera là un atout grâce auquel d'autres problèmes, dans notre pays, et à l'étranger, pourront être résolus.

2. Le forage effectué à partir du fond

Il existe diverses façons d'entreprendre l'exploitation du pétrole dans les sédiments sous-marins de l'Arctique. Cependant, nous estimons que le Canada a intérêt à mettre au point les forages en complète immersion. La raison en est que si d'autres techniques peuvent être préférées pour les travaux dans les eaux couvertes par la glace, c'est surtout la technologie des forages effectués à partir du fond qui serait applicable ailleurs et pour d'autres problèmes. La compétence acquise

pourrait servir dans bien d'autres cas que ceux concernant l'Arctique.

Là aussi, il s'agirait de mettre sur pied un groupe de coordination qui concevrait un plan d'ensemble; les divers travaux seraient effectués sous contrat par les entreprises canadiennes.

Il ne serait pas nécessaire que les études techniques préliminaires et les essais de forage aient lieu dans les eaux de l'Arctique; toutefois, c'est bien là l'objectif final du Canada. Il faudrait s'assurer que les équipes de surface puissent travailler dans des conditions rigoureuses de l'Arctique.

Les travaux de ce genre requerront l'utilisation d'un laboratoire sous-marin. Par une étude approfondie, il faudra déterminer si la pression interne devrait être atmosphérique, ambiante (en équipression), ou se situer à un niveau intermédiaire. Toutes les possibilités comportent des avantages et des inconvénients. Nous ne soutenons pas que le Canada doive nécessairement participer aux activités des «laboratoires sous-marins en équipression» entreprises dans diverses parties du monde. Cependant, nous pensons qu'il est possible que ce soit là la meilleure façon de régler certains problèmes. Il est presque certain que les activités de forage sous l'eau requerront à la fois les services de plongeurs autonomes, de soucoupes plongeantes munies de pinces à prélèvements ou de caissons de décompression.

Le choix de la technique aura une grande influence sur la conception des appareils appropriés, y compris les engins auxiliaires en surface. Les plongeurs peuvent maintenant travailler à plus de 600 pieds de profondeur, et les techniques de plongée à saturation utilisant les chambres de décompression des soucoupes plongeantes, de même que les habitats sous-marins à équipression, ont fait l'objet d'essais-pilotes. À une grande profondeur, les hommes peuvent faire des travaux limités mais utiles. L'industrie estime que l'utilisation de plongeurs en grande profondeur pour les opérations de forage ne sera rentable que lorsqu'on aura mis au point un

équipement de travail sous l'eau qui augmentera les moyens des plongeurs. Les soucoupes plongeantes peuvent à présent effectuer des opérations compliquées à de grandes profondeurs; un des avantages de cette méthode est que le personnel, qui travaille à des pressions quasi atmosphériques, ne doit pas observer la longue période de décompression à la fin de chaque plongée.

On a conçu plusieurs têtes de puits «marinisées» pouvant être utilisées à la pression atmosphérique; leurs possibilités font actuellement l'objet d'études. Les avantages d'avoir des techniciens travaillant à des pressions quasi atmosphériques sont bien connus; toutefois, il faudra se livrer à des activités intenses de recherche et de développement technique pour résoudre les problèmes suivants: l'utilisation des sas, la corrosion, l'encrassement par des substances ou organismes marins et les problèmes que posent les différences de pression entre le milieu marin et le milieu intérieur des habitats sous-marins soient les contraintes, déformations, infiltrations. De même, il faudra vaincre les difficultés que causeront les petits épanchements d'hydrocarbures à l'intérieur des caissons.

Afin d'être en mesure de concevoir des plates-formes de forage et des installations sous-marines (caissons, conduites, réservoirs de stockage), il est nécessaire de connaître les conditions ambiantes du vent, de la houle, de la banquise, des courants et du givrage. Malheureusement, on ne dispose actuellement que de renseignements incomplets sur les conditions ambiantes, et les diverses installations ont été conçues dans une semi-ignorance. Ce manque de connaissance n'a pas seulement pour effet d'augmenter le coût déjà élevé des opérations de forage, il augmente également le risque de catastrophe et constitue une menace pour la vie humaine et le milieu ambiant. L'industrie estime que les organismes publics peuvent contribuer de manière importante à mettre en valeur les ressources canadiennes de la mer en fournissant ces renseignements sur le milieu, dont on a tellement besoin. Il

importe en particulier d'étudier les conditions du milieu arctique, afin de fournir des lignes de conduite pour les opérations de l'industrie. Nous devons nous assurer que le Canada prend la tête des autres nations sur le plan de ces activités qui se déroulent en eaux très froides. Comme on trouve partout de l'eau froide dans l'océan à des profondeurs moyennes, la compétence acquise servira dans le monde entier.

Ces programmes coûteront cher. Où trouver l'argent? On peut répondre que ces programmes constitueraient un bon investissement pour l'État, comme le calcul suivant, effectué avec prudence, le montre.

Supposons que les activités de forage dans l'Arctique procurent un milliard de barils par an (l'industrie serait très déçue si les résultats étaient aussi faibles). Si on se réfère aux prix actuels, cela représente plus de 2 milliards de dollars.

Si l'on excepte les bénéfices des sociétés et les redevances que celles-ci payent à l'État pour les droits de prospection et d'exploitation, ce total est dépensé par l'industrie pour payer les produits et les services nécessaires à ces dernières activités. Beaucoup de ces produits subiront un traitement complexe pour certains clients. Bien des services seront fournis par des experts dont la formation et les connaissances sont vastes. Nous prétendons que ces produits et ces services seront fournis par l'étranger si le Gouvernement n'intervient pas pour que ce soient des Canadiens qui les procurent.

Supposons que grâce à l'action du Gouvernement, la participation canadienne dans ce domaine augmente et que son coût atteigne seulement 5 p. 100 de la valeur finale des produits. (Il serait désespérant que cette proportion soit aussi faible). Cela représenterait des activités industrielles canadiennes pour 100 millions de dollars par an. Nous répétons que ces activités pourraient se dérouler hors du pays si l'on n'y veille.

Si nous utilisons le faible indice 2.5 comme multiplicateur économique, nous pouvons espérer un accroissement de 250

millions de dollars par an pour le produit national brut.

Au cours des dernières années, les rentrées fiscales du Gouvernement fédéral ont représenté environ 17 p. 100 du produit national brut¹. L'augmentation des rentrées fiscales serait alors d'environ 40 millions de dollars par an.

Supposons que ces recettes ne soient effectives qu'après 10 ans et que le taux d'intérêt atteigne 8 p. 100. Le montant actuel d'un capital produisant 40 millions de dollars par an après 10 ans, au taux de 8 p. 100, serait de 230 millions de dollars.

Même un banquier serait heureux de faire un investissement de 150 millions de dollars pour l'acquisition d'une entreprise d'une valeur de 230 millions de dollars. Au chapitre VI, nous proposons la création de la Société canadienne pour l'exploitation de l'océan qui permettrait au Gouvernement fédéral de faire de tels investissements.

On doit remarquer que ces considérations ne tiennent pas compte des avantages suivants: un montant égal de rentrées fiscales que les gouvernements provinciaux et municipaux encaisseront, l'acquisition d'une compétence qui pourrait être monnayée ailleurs et le rehaussement du niveau de vie des Canadiens et de leur sentiment d'indépendance.

(Un économiste pensera que ce calcul est simpliste. Si pendant dix ans aucun investissement canadien de cette nature n'était réalisé et si il n'y avait pas de chômage ni de sous-emploi, ce raisonnement ne tiendrait pas. Mais une telle conjoncture semble improbable, et nous soulignons que le genre d'activité envisagé requiert une main-d'œuvre très spécialisée et bien payée).

Comme dans le cas du littoral atlantique, le Gouvernement a certaines responsabilités qu'il devra assumer dans les eaux septentrionales. Là, également, se posent des problèmes de navigation. Dans de nombreuses zones de l'Arctique ces problèmes peuvent être résolus plus facilement que sur la côte atlantique, car la

¹Bureau fédéral de la statistique.

multitude des îles peut permettre d'établir des bases, ce qui n'est pas le cas sur les Bancs de Terre-Neuve. L'aide à la navigation est nécessaire du fait de la grande augmentation de trafic maritime que l'exploration pétrolière a provoquée; il s'agit aussi de fixer les limites des concessions pétrolières.

Comme pour la zone de l'Atlantique, il faut obtenir de meilleures informations sur le relief du fond de la mer, la nature des sédiments superficiels et les déplacements de l'eau. Il s'agit également de se renseigner sur les déplacements de la glace. Par exemple, si les sondages doivent être effectués avec du matériel qui repose sur la glace, on devra tenir compte de la différence qui existe entre la glace véritablement fixe et la glace presque mouvante. Une dérive de quelques centaines de pieds pendant un mois environ serait très grave.

Le problème des communications est particulièrement sérieux dans l'Arctique. Dans cette zone près du pôle nord magnétique, il existe toujours des difficultés spéciales gênant les communications par radio. Les forces armées ont déployé des efforts considérables pour tenter de surmonter ces difficultés. Actuellement, c'est surtout un service d'un ministère civil, soit le centre des recherches sur les télécommunications du ministère des Communications, qui est compétent en ce domaine.

Il importe que l'industrie privée et les autres organes civils qui travaillent à présent dans l'Arctique puissent bénéficier le plus possible de cette compétence. Les problèmes relèvent peut-être plus des concepts d'organisation et des méthodes opérationnelles que du matériel, mais la compétence et la pratique sont nécessaires pour résoudre ces problèmes de conception. Les représentants de l'industrie nous ont fait part de leur inquiétude au sujet des communications. Il faut considérer attentivement ce problème, car les conditions rigoureuses de ces régions entravent la plupart des communications. Leur qualité peut littéralement décider de la vie ou de la mort des techniciens. Certains

problèmes spéciaux se posent dans l'Arctique. Les activités dans cette région augmenteront considérablement, notamment du fait de l'arrivée de nombreuses personnes qui n'ont pas l'expérience du Grand Nord. Cela signifie qu'il faudra augmenter les moyens de recherche et de secours. Il semble probable que des civils entreprendront des travaux sous la glace en utilisant des soucoupes plongeantes et que de nouveaux problèmes spéciaux concernant la recherche et le sauvetage se poseront alors. Il faudra qu'un organisme de l'État se charge d'établir des règlements de sécurité et d'octroi de permis pour la conduite de différents genres de véhicules. La témérité d'un groupe acceptant de prendre de grands risques ne constitue pas une raison pour imposer aux contribuables canadiens la lourde charge humanitaire de secourir ces imprudents.

On peut actuellement trouver dans l'Arctique des firmes privées dont les ressources financières sont beaucoup plus grandes que par le passé. Ces sociétés n'hésitent pas le moins du monde à consacrer 5 000 dollars par jour aux frais d'exploitation d'un grand brise-glace. Si elles ont besoin d'un de ces navires et veulent l'affréter, elles ne voient pas pourquoi elles ne le feraient pas.

Nous pensons de même! Bien que le gouvernement fédéral ait toujours le monopole canadien des grands brise-glace, ces derniers devraient être prêts à louer leurs services. Dans cette perspective le Gouvernement ne devrait pas avoir la priorité de leurs services. Toutes les demandes d'utilisation des brise-glace devraient être étudiées de près et on devrait établir un ordre de priorité pour que ces navires servent au mieux l'intérêt national.

Il doit s'agir seulement là de mesures provisoires. Nous serions mieux placés si des sociétés privées disposaient de quelques grands brise-glace qui pourraient être utilisés de façon plus souple que les navires de l'État. On pourrait y parvenir en utilisant la méthode proposée au chapitre VI pour les navires de recherche.

Au cours des derniers mois, on a eu

raison d'attirer l'attention du public sur les dangers de la pollution dans l'Arctique. Il faudra concevoir des méthodes spéciales permettant de remédier aux épanchements de pétrole dans cette zone. Nous nions qu'il soit possible d'empêcher complètement de tels épanchements. Cela ne pourrait se faire qu'en arrêtant tous travaux pétroliers. Compte tenu des basses températures et du nombre limité d'espèces vivantes, la décomposition biologique du pétrole se fera probablement beaucoup plus lentement dans l'Arctique que dans les régions situées plus au sud. Par ailleurs, les eaux encombrées de glaces sont en général calmes¹. Ainsi, il y a peu de chance que le déferlement des vagues émulsionne le pétrole, ce qui favoriserait l'action des organismes. Par contre, ce calme de l'eau permet de récupérer plus facilement le pétrole épandu, et il est probable que la lutte contre les épanchements de pétrole bénéficiera de cette circonstance. Au cours de l'été 1969, deux chalands qui transportaient des barils de produits pétroliers ont coulé au large de l'île Melville. Les barils subiront l'effet de la corrosion et le pétrole s'échappera pour monter à la surface (s'il ne l'a déjà fait). On doit s'efforcer d'étudier cet accident pour savoir ce que devient le pétrole répandu dans les eaux de l'Arctique.

Dans l'Arctique, l'État devrait exercer les mêmes activités que celles que nous avons recommandées pour les eaux de la côte Est. La plus grande partie des travaux de prospection géophysique devraient être exécutés par les sociétés pétrolières. C'est l'État qui a le devoir d'établir des cartes. Ses services, dans le cadre de leur étude du plateau continental polaire, ont exploré une grande zone au large de l'archipel de l'Arctique; ainsi ont-ils fortement contribué à faire connaître les possibilités pétrolières de cette zone, avant que l'industrie ne leur témoigne quelque intérêt. De même, il serait bon que l'État déploie de nouvelles activités dans les zones au-delà des régions où l'industrie se prépare à travailler.

¹Mémoire sur la glace dans les eaux navigables, voir supra.

Le transport du pétrole dans l'Arctique, au moyen de grands pétroliers, posera alors des problèmes spéciaux concernant la navigation dans les eaux encombrées de glaces. Cependant, cette difficulté ne diffère pas essentiellement de celle que l'on rencontre dans le cas de la navigation des grands navires tels que les minéraliers. Ces problèmes seront étudiés au chapitre IV.

La question de la souveraineté dans l'Arctique a attiré récemment l'attention générale. Comme nous l'avons souligné dans le chapitre précédent, la Convention de Genève de 1958 établit clairement la souveraineté canadienne sur les ressources du fond de la mer et, en fait, confirme les droits de notre pays d'effectuer des travaux de prospection pour découvrir ces ressources. Sous ce rapport, le seul problème qui se pose immédiatement est celui de la limite des eaux du Canada et de celles de l'Alaska. Comme la découverte de la Baie Prudhoe a été faite dans cette zone, le problème est devenu assez sérieux et il est urgent de parvenir à un accord.

Nous n'avons pas l'intention d'examiner par quels moyens le Canada pourrait affirmer ses droits de souveraineté sur les eaux des passages de l'archipel arctique. Toutefois, nous soulignons que les eaux couvertes de glace doivent être considérées de façon toute spéciale. Le passage n'est pas si «inoffensif» s'il nécessite qu'on brise la glace. Si le passage en question est dégagé par les brise-glace canadiens, il prend l'aspect d'un canal et doit être soumis aux règlements et au contrôle de l'État riverain. Même si les navires qui circulent brisent eux-mêmes la glace, cette action n'est pas sans répercussions. En se frayant un chemin au travers la glace, ces navires gênent le mouvement de ceux qui se déplacent à sa surface. Les navires qui se déplacent dans les eaux couvertes de glace par temps froid causent une grande augmentation de la teneur en vapeur de l'air, au voisinage. Non seulement produisent-ils de la vapeur d'eau en brûlant des combustibles, mais ils dégagent la surface de l'eau et l'évaporation est multi-

pliée jusqu'à deux cents fois. Des brouillards assez denses peuvent se former et gêner tous les transports. La pollution de l'eau par le pétrole résultant soit d'épanchements accidentels, soit du nettoyage délibéré des citernes, aurait de désastreuses répercussions pour l'écologie. Ces nouveaux caractères que peuvent acquérir les « passages inoffensifs » exigent que l'on mette au point une nouvelle législation nationale et internationale.

La côte Ouest

La côte Ouest constitue un cas très particulier. Comme on peut le voir au tableau n° II.1, les réserves de cette zone sont relativement faibles, mais elles sont loin d'être négligeables, si on les compare aux ressources du Golfe du Mexique. La société *Shell Oil* a estimé qu'il valait la peine de faire construire à Victoria la grande plate-forme Sedco 135-F, pour effectuer des sondages; un programme assez important de ces activités a été réalisé. (La plate-forme a déjà quitté les eaux canadiennes, ce qui équivaut à une exportation, et on n'exécute pas de travaux actuellement dans cette zone; toutefois, des étendues importantes font l'objet de concessions et l'on s'attend à ce qu'il y ait de nouvelles opérations). Même ces réserves de pétrole relativement faibles au large de la côte Ouest peuvent, si elles sont exploitées, avoir un effet important sur l'économie de la Colombie-Britannique.

Par ailleurs, la Colombie-Britannique est une province riche, qui dispose d'une grande variété d'autres ressources. Le public voudra peut-être faire passer avant ces avantages économiques, la valeur, certes moins tangible, du milieu naturel. Depuis l'épanchement désastreux de pétrole de Santa Barbara, la presse et le public de la côte Ouest s'inquiètent des risques de pollution et en discutent vivement. On projette d'effectuer la prospection pétrolière du Déroit de Géorgie, qui est une zone très appréciée de la population locale en raison de sa valeur touristique et récréative et des possibilités qu'elle offre pour le sport et la pêche

commerciale. Étant donné que ces eaux sont enfermées il est indispensable que l'on prenne des précautions extraordinaires pour prévenir un épanchement de pétrole, même relativement peu important. Le gouvernement provincial revendique la compétence sur la prospection pétrolière dans cette zone et le gouvernement fédéral régit la pêche. Nous estimons que tous deux devraient entreprendre une étude approfondie des répercussions que pourraient avoir la prospection pétrolière et une éventuelle découverte. Cette étude devrait être entreprise avec diligence; et le résultat devrait être publié afin qu'il y ait un débat public et que les arguments pour et contre la continuation des sondages soient évalués par les électeurs.

Ce travail pourrait constituer la première partie de l'étude plus approfondie et plus générale du Déroit de Géorgie que nous proposons au chapitre V. Si l'on prend la décision d'interdire l'exploitation pétrolière dans le Déroit de Géorgie, il sera équitable de dédommager les sociétés pétrolières de frais de prospection qu'elles auront acquittés dans cette zone. Heureusement, le montant des frais des travaux effectués dans le Déroit demeure faible.

Au large, par contre, il semble plus avantageux de poursuivre les travaux de prospection et d'exploitation pétrolières. La société *Shell* n'a pas encore publié les résultats de son programme de sondages, aussi ne sait-on pas si les travaux se poursuivront. Comme nous le verrons dans les chapitres suivants, les caractéristiques géophysiques de toute la région offrent un grand intérêt scientifique, et d'autres ressources que le pétrole peuvent être exploitées. On doit donc s'attendre à ce que les universités et l'État effectuent ici des travaux géophysiques assez intenses. Là encore l'État a de grandes responsabilités; il devra faire effectuer des travaux de cartographie géologique et géophysique à grande échelle.

Des problèmes de démarcation se posent sur la côte Ouest comme ailleurs. On n'est pas encore parvenu à un accord avec les États-Unis pour fixer les limites des eaux

au nord et au sud. Même si la Cour Suprême en 1968 a soutenu le Gouvernement fédéral qui revendiquait tous les droits sur les ressources minérales des terres immergées, la question de compétence interne reste confuse. Le 2 décembre 1968, le Premier Ministre proposait que le Gouvernement fédéral trace «les frontières administratives des ressources minérales». En deçà des limites, les provinces devaient assurer les tâches administratives et bénéficier des recettes; le Gouvernement fédéral devait administrer la zone située au-delà et les recettes afférentes devaient être partagées également entre les provinces et le Gouvernement fédéral. Cette proposition n'a pas eu de suite. Tant qu'un accord ne sera pas obtenu, il est clair que le Gouvernement fédéral considérera qu'il n'a pas abandonné sa compétence sur le territoire situé à l'intérieur des frontières administratives proposées. La confusion qui résulte peut gêner l'action de l'industrie. Cela est particulièrement clair dans le cas du Détroit de Géorgie, zone située à l'intérieur des frontières administratives. Peut-être ce retard dans l'activité industrielle, dû à l'indécision, constitue-t-il plus un avantage qu'un inconvénient. Cela peut permettre de terminer l'étude proposée sur le bien-fondé de la prospection et de l'exploitation pétrolières dans le Détroit de Géorgie, avant que les activités de l'industrie ne prennent trop d'expansion.

Sur tout le plateau continental, les limites des eaux ne sont pas déterminées. La Convention de Genève sur le plateau continental (1958) n'admet pas que l'on trace des limites précises. Il importerait de parvenir à une définition géophysique. Nous reviendrons sur ce sujet au chapitre IV.

Chapitre III

Les sciences et la technologie de la mer au Canada

L'expression «sciences de la mer» englobe ici toutes les activités scientifiques concernant l'étude de la mer. Comme elles représentent un ensemble vaste et complexe, les sciences de la mer, ainsi que les autres disciplines concernant le milieu ambiant, sont largement tributaires du rassemblement des données scientifiques visant à décrire cet ensemble. Par conséquent, on doit considérer que le rassemblement et l'analyse des données relèvent autant de l'activité scientifique que de la «recherche», où on les classe habituellement. De même, les sciences de la mer dépendent étroitement d'un outillage et d'une technologie spéciale. Ces activités sont quelquefois considérées comme étant plus technologiques que scientifiques, mais elles sont nécessaires pour effectuer une description précise qui s'impose de façon permanente. Il n'est pas possible ni souhaitable d'établir une distinction nette entre les activités scientifiques et technologiques.

Dans ce chapitre, nous n'avons pas l'intention d'entreprendre une étude exhaustive des sciences de la mer ni de rédiger un manuel condensé. Cependant, il est important d'esquisser quelques-uns des problèmes qui se posent aux scientifiques, de mentionner leur interdépendance et d'essayer spécialement de situer l'importance actuelle des efforts scientifiques du Canada ainsi que les perspectives qui s'offrent à notre pays.

Toute science a pour objet d'atteindre un degré de compréhension permettant de faire des prévisions exactes.

Sous ce rapport, les sciences de la mer et les sciences de l'atmosphère et de la lithosphère ont en commun certaines caractéristiques. En premier lieu, ces branches des sciences du milieu ambiant sont étroitement interdépendantes. Les vents constituent la force principale parmi celles qui actionnent les courants de l'océan, mais l'énergie de l'atmosphère provient, dans une grande mesure, de la mer. Les conditions marines et atmosphériques fixent des limites à certaines communautés biologiques, mais celles-ci influencent, à leur tour, la composition

chimique de leur milieu par l'absorption d'énergie et son stockage. Les organismes vivants influent grandement sur la nature et l'épaisseur des sédiments qui couvrent actuellement une grande partie de la terre ferme et que l'érosion entraîne graduellement vers le fond de la mer. Finalement, aucun des éléments de ce vaste ensemble, où s'exercent des actions réciproques, ne peut être étudié séparément.

Un autre trait scientifique de l'ensemble étudié est que les observations de modifications et de différences, dont toute la science dépend, ne sont que rarement accessibles à l'expérimentation. Les expériences réalisées dans le milieu ambiant revêtent la forme d'observations faites à long terme dans des situations particulières, ou d'observations comparatives effectuées dans différentes stations. Comme chaque fait observé dépend de l'influence simultanée de nombreuses forces, les observations nécessaires doivent être complexes et les vérifications des hypothèses sur la nature de certains phénomènes demandent souvent des lieux d'observation et des délais spéciaux.

Il existe une troisième caractéristique: étant donné la complexité des ensembles naturels, les modèles simplifiés jouent un grand rôle. Ils peuvent prendre la forme de maquettes qui sont les représentations réduites de régions particulières, telles que les ports et les baies, dans le cas de l'étude de l'action des marées ou de la glace; et ils peuvent être des modèles analogiques électriques, des modèles mathématiques pour ordinateurs numériques ou des modèles analytiques décrivant sous une forme mathématique les relations théoriques qui existent entre les différentes variables. Les effets calculés sont comparés aux observations, et les désaccords sont utilisés pour évaluer les hypothèses d'après lesquelles le modèle a été conçu et pour la mise au point de modèles donnant des résultats plus exacts.

L'ensemble des observations, des descriptions, des modèles et de leurs essais nous a renseigné considérablement sur la mer et nous permet d'expliquer les phénomènes qui s'y déroulent, ainsi que les

effets qu'elle exerce sur notre milieu terrestre. C'est à ces nouvelles connaissances que nous devons en partie le vif intérêt que l'on a témoigné récemment à l'égard des sciences de la mer, comme nous l'avons montré dans les premiers chapitres. Mais les renseignements que nous possédons sont rudimentaires si l'on considère les besoins actuels. Nos moyens de *prévision* sont encore limités à l'extrême. Nous avons un long chemin à parcourir dans le seul domaine des descriptions. Par exemple, on a estimé que le degré de précision et de détail des cartes des fonds marins que l'on possède actuellement est le même que pour les cartes terrestres publiées il y a 250 ans.

Une quatrième caractéristique des sciences du milieu ambiant est que l'aide apportée par le public aux travaux scientifiques a dépendu étroitement des résultats pratiques qu'elle attendait. Ainsi, c'est d'abord dans l'intérêt du transport maritime que l'on a entrepris d'établir les cartes hydrographiques des côtes et des ports qui sont à la base de la description du littoral. On a mené une étude des courants océaniques quand on s'est rendu compte qu'il pourrait en résulter des économies appréciables dans les frais de transport. La nécessité d'effectuer de bonnes pêches a été à l'origine des premiers travaux concernant les itinéraires de migration des poissons et elle a suscité les études visant à évaluer l'abondance de ces derniers. Pour poser les câbles et satisfaire les besoins de la pêche, on a étudié la bathymétrie; il en a résulté de nombreuses cartes des plateaux continentaux et des observations locales en pleine mer. On a mis au point l'acoustique sous-marine, qui constitue peut-être l'instrument le plus puissant pour réaliser des observations sous l'eau, les progrès ont été réalisés surtout au cours des deux guerres mondiales, quand on a reconnu que cette science pouvait servir dans la guerre sous-marine. À présent, l'essor de l'industrie du pétrole sous-marin engendrera certainement des besoins d'information océanographique encore plus grands.

On peut peut-être comprendre que

l'aide accordée aux sciences de la mer soit fonction de leurs applications possibles si l'on considère les frais qu'entraîne l'utilisation des navires importants et des instruments perfectionnés qui sont nécessaires, ne serait-ce qu'au début des opérations. Mais c'est peut-être en raison des limitations de cette méthode que nous avons apprécié si tard l'importance de l'influence des facteurs maritimes sur notre existence terrestre. Ce n'est qu'au cours de la dernière décennie que nous avons compris que des changements dans la température océanique au large du Pérou pouvaient être à l'origine de phénomènes atmosphériques ayant une influence sur le climat du nord de l'Europe, ou que l'écoulement des fleuves de l'U.R.S.S. dans l'Océan Arctique pouvait influencer le climat des provinces maritimes. Plus récemment encore, nous avons compris comment l'homme, par ses activités, peut affecter le mécanisme global involontairement, ou le modifier volontairement grâce aux connaissances qu'il a acquises. Dans ce monde en pleine évolution, les phénomènes maritimes jouent un grand rôle modérateur et modificateur qui peut soit diminuer soit augmenter les effets des phénomènes dont nous sommes à l'origine. En raison de cette prise de conscience, nous voulons avoir des connaissances plus approfondies et détaillées sur la mer. Au Canada, nous avons été particulièrement avisés en développant autant les sciences du milieu ambiant, y compris celles de la mer. Les nombreuses connaissances acquises nous ouvrent des perspectives particulières; elles nous confèrent la responsabilité d'explorer mieux encore cet élément essentiel de notre environnement.

Les problèmes scientifiques

Les phénomènes à l'échelle moyenne d'observation

C'est devenu presque un truisme de souligner que les sciences de la mer s'appuient sur l'observation de phénomènes dont la taille va du millimètre au millier de kilomètres, et dont la durée va de la milliseconde au millénaire. En fait, nos pre-

mières observations se situent au milieu de cette gamme, et la majorité des problèmes qui sont étudiés de façon approfondie se rapportent encore à des phénomènes dont l'observation est relativement aisée.

Le phénomène des *marées* est celui qui, par son amplitude et sa régularité, impressionne le plus l'observateur profane de la mer. L'observation des changements quotidiens du niveau de la mer en des points précis a amené l'homme à établir, très tôt, une relation entre ces changements et les mouvements de la Terre et de la Lune par rapport au Soleil. Cependant, il n'est pas facile d'établir un lien entre les observations effectuées en un endroit et celles réalisées en un autre. Il a fallu faire des travaux théoriques considérables pour comprendre ces oppositions, ainsi que les phénomènes plus complexes des flux de la marée. Les faits sont maintenant bien établis et on peut prévoir le niveau des marées dans des régions bien observées, situées sur les côtes, ce qui s'avère utile à beaucoup d'égards pour la navigation côtière. Nous savons encore relativement peu de choses sur les courants de marée. C'est pourquoi, comme les marées constituent un élément important du caractère variable de la mer, il est nécessaire d'en tenir compte quand on interprète presque toutes les autres observations. Les marées sont également une source importante d'énergie favorisant le mélange des eaux. Ainsi, importe-t-il toujours d'effectuer des prévisions exactes, ce qui nécessite de meilleures observations, particulièrement du niveau des marées au large et des courants dans toutes les zones. Le problème est spécialement important dans les zones côtières, où les forages pétroliers nécessitent que l'on connaisse la hauteur des marées et la vitesse des courants à toutes les profondeurs. Jusqu'à récemment, le Canada jouait un rôle de «satellite» dans l'étude des marées; il s'inspirait des calculs du *Tidal Institute* de Liverpool, en Angleterre. Cependant, depuis 1964, cette tâche est entreprise totalement par le groupe d'analyse des marées du ministère de

l'Énergie, des Mines et des Ressources à Ottawa. Si l'on admet le principe suivant: *la théorie est d'autant meilleure que le nombre d'observations requises est faible*, on peut considérer que ce groupe travaille à l'aide des meilleurs modèles mathématiques concernant les marées et qu'il fournira de meilleures bases aux études océanographiques; il doit également aider les services de prévisions à obtenir des résultats améliorés concernant les zones intéressantes des scientifiques et l'industrie du Canada.

La nature des *courants océaniques* est moins aisément observée. Ce n'est qu'au milieu du 19^e siècle qu'un officier de marine, Maury, en se fondant sur l'étude des journaux de bord, a mis en lumière l'ampleur et la continuité de ces «fleuves océaniques». L'étude de ces courants a été vivement encouragée quand on s'est aperçu qu'elle pouvait permettre des économies dans les frais de transport océanique; pendant la guerre, leur connaissance était d'importance cruciale pour les convois et la guerre sous-marine. Jusqu'à ces dernières années, les travaux canadiens en ce domaine se sont surtout limités au plateau continental; cependant, le groupe océanographique du Pacifique, sous la direction du Dr J.P. Tully, a contribué d'une façon importante à expliquer la circulation des eaux du Pacifique nord et à apprécier l'ampleur des variations de la structure des masses d'eau, dans l'optique des besoins de la pêche et de la défense nationale. Plus récemment, grâce à la création de l'Institut Bedford, nous avons commencé à démêler la complexité réelle du Gulf Stream et l'influence multiple de ses branches. Les eaux du Gulf Stream se mêlent à celles du Labrador et à des eaux plus profondes pour former la masse aquatique qui joue un rôle prédominant dans les mouvements de l'océan dans l'Atlantique Nord. Partout, on admet à présent que dans les zones situées en bordure du plateau continental peuvent se produire, à court terme, des variations de température et des courants. Il s'agit de changements durant quelques jours, qui sont liés aux grandes variations des cou-

rants. Ces phénomènes sont parfois plus importants que les changements prévisibles d'après les tendances saisonnières moyennes, et ils ont une influence profonde sur l'état de l'eau, de la glace et sur la productivité biologique du plateau continental. La prévision de telles variations pour les deux côtes du Canada nécessitera une bien meilleure connaissance des phénomènes, à toutes les échelles du déroulement chronologique.

À l'origine de toutes les questions soulevées précédemment, se trouve l'intérêt que suscitent les phénomènes des *eaux océaniques* qui, selon les marins, constituent «la haute mer». Il semble que les ondes de tempête ou les fortes houles qui naissent dans les grands océans ont presque toujours une influence sur tous les changements chronologiques qui se produisent dans la température de l'eau et les courants des bancs, la vitesse du déplacement des icebergs, le refoulement des eaux le long du littoral pacifique, les sinuosités du Gulf Stream près du plateau de la Nouvelle-Écosse et des Bancs de Terre-Neuve, ainsi que sur les mécanismes de fertilisation et de dilution des eaux de la plate-forme continentale. Nous ne savons presque rien de ces mouvements océaniques, sinon qu'ils se produisent. Par ailleurs, il faut noter l'existence d'organismes vivants dans les «couches» plus ou moins distinctes des eaux situées au-dessus des profondeurs océaniques; ces organismes effectuent des migrations verticales diurnes importantes; pris dans leur ensemble ils forment probablement la masse de protéines animales la plus importante que l'on puisse trouver à la surface du globe. Là où ces couches se trouvent en contact avec le fond des bancs du plateau continental, elles sont probablement exploitables, pourvu que l'on modifie légèrement les techniques de pêche actuelles, et elles peuvent constituer un élément important des ressources futures de protéines pour le monde. Ainsi, les raisons scientifiques et pratiques exigent de plus en plus que l'on connaisse les phénomènes de la haute mer, étant donné l'étendue de notre plateau conti-

mental. Les scientifiques et les industriels qui, au Canada, s'intéressent à la mer, ont des raisons particulièrement valables de se pencher sur les problèmes de la haute mer dans l'Atlantique nord et dans le Pacifique. Ces travaux doivent être exécutés dans le cadre des programmes de nos grands centres océanographiques.

Il devient de plus en plus évident que les différences que l'on constate dans la grandeur et la configuration des deux océans de l'hémisphère nord, tout comme l'importante asymétrie des courants océaniques, d'est en ouest, causent des différences marquées entre les mécanismes chimiques et biologiques à l'œuvre le long des côtes du Canada. Si nous voulons comprendre la façon dont fonctionnent les mécanismes océaniques, il nous faut entreprendre un plus grand nombre d'études comparatives détaillées. Sous ce rapport, certains résultats pourront être obtenus grâce à la croisière qu'effectue actuellement le navire canadien de recherche C.S.S. «Hudson», autour des Amériques.

La connaissance des *mécanismes de mélange* est primordiale, si l'on veut comprendre et prévoir l'état des eaux côtières et les phénomènes qui les concernent. Les eaux mélangées des plates-formes ont une composition complexe et généralement leur productivité biologique, par unité de volume, est élevée. Cela résulte partiellement de l'important mélange d'eau océanique riche en minéraux avec les flots d'eau douce qui s'écoulent dans les estuaires comme ceux du Saint-Laurent et du Fraser. Or, l'énergie ayant causé ces mélanges provient de diverses sources: l'écoulement des fleuves, l'action des marées, le mouvement des vents locaux, les ondes sous-marines et les tourbillons qui naissent de la rencontre de courants. On peut mesurer ces éléments avec des instruments perfectionnés. Il faut procéder à ces observations avant de pouvoir essayer les modèles théoriques plus perfectionnés qui permettront d'effectuer des prévisions. On ne parviendra que lentement à la compréhension de ces phénomènes, du fait de la faible importance

que revêtent actuellement les travaux d'océanographie physique au Canada. Toutefois, les résultats recherchés doivent fournir des données essentielles en chimie et en biologie pour résoudre les problèmes qui se posent en matière de pollution et de pêche, ainsi que pour prévoir les mouvements des eaux en surface et leurs modifications. Ces renseignements sont nécessaires si nous voulons faire des prévisions météorologiques de grande portée.

Les changements des processus de mélange des eaux dans les grands estuaires ont une importance spéciale au Canada, mais ne sont encore que peu connus, car les variations majeures à court terme sont rares partout. Aux endroits où les travaux de génie ont eu une influence radicale sur les estuaires—par exemple, en modifiant les conditions de l'écoulement des eaux—souvent, nous n'avons pas pu étudier les effets de ces modifications car nous ne disposons pas de données valables sur la zone en question avant les changements. Ces modifications peuvent être importantes. Une des plus spectaculaires a été celle qui a accompagné la construction récente du grand barrage d'Assouan en Égypte, qui retient une partie importante des eaux s'écoulant naguère dans la Méditerranée. Après les travaux, la pêche pratiquée depuis des siècles au large de l'embouchure du Nil disparut et la teneur en sel des eaux de surface de l'est de la Méditerranée a augmenté sensiblement. On prévoit qu'il y aura d'autres effets sur la productivité de cette zone. Les forces de la nature que nous comprenons mal, et qui de temps en temps provoquent des changements de température à la surface des eaux qui bordent le Pérou, modifient de façon importante la pêche et la vie des oiseaux, et, partant, la quantité de guano déposée sur les îles. Dans ce cas précis, les études d'océanographie et de météorologie donnent à penser que ces fluctuations océaniques déclenchent des effets climatiques qui, d'une façon mesurable et peut-être prévisible, modifient jusqu'au climat de l'Europe septentrionale.

Au Canada, les modifications des

grands courants et des processus de mélange sont moins frappantes que dans le cas du Nil et de la côte péruvienne, mais ils peuvent encore revêtir une grande importance. On note, par exemple, que des migrations régulières d'aiglefin ont eu lieu dans le Golfe du Saint-Laurent jusqu'au milieu des années 1930. Depuis, ces migrations n'ont plus la même importance, et l'aiglefin a presque disparu dans cette zone. La raison de ce changement nous est inconnue. On peut l'attribuer partiellement aux effets de la pêche, car la plupart des poissons migrateurs étaient de grande taille et, en raison de la pêche intensive, les gros poissons sont actuellement moins nombreux. Ce changement reflète également très probablement une modification de la nature du réseau hydrographique. Au cours des cinquante dernières années, on a graduellement régularisé le cours des eaux douces du bassin du Saint-Laurent, pour aménager des centrales électriques, et l'on estime que jusqu'en 1960, ces travaux ont réduit l'écoulement de 20 à 30 p. 100 pendant le printemps et au début de l'été. On pense qu'il s'est produit une augmentation correspondante à l'automne et au début de l'hiver¹. Par suite, on pense que le mélange des eaux, au printemps et en été, est moins important et qu'il s'accroît plus tard, au cours de l'année, provoquant une élévation de la température à la surface, l'été et l'hiver. Ces effets ont dû être renforcés avec l'aménagement de la voie maritime du Saint-Laurent. Malheureusement, on n'a pas enregistré assez fréquemment la température de l'eau pour pouvoir vérifier directement cette hypothèse. Cependant les températures moyennes de l'air, notées de mai à octobre à Pointeau-Père indiquent une augmentation de 3 à 4°C (5-7°F) depuis le début du siècle jusqu'à la période 1959-1964. Des effets climatiques locaux aussi importants, s'ils sont dus à des modifications du débit du fleuve, devraient avoir une grande influence sur la couche de glace hivernale qui recouvre le golfe. Étant donné qu'on

¹H. Neu, renseignement obtenu à titre personnel.

projet de construire de nouveaux barrages dans cette région au cours des dix prochaines années, il est important d'étudier ce problème en détail.

On ne peut comprendre les mécanismes du mélange des eaux maritimes canadiennes sans considérer, par ailleurs, la *formation de la glace*. Sauf sur la côte de la Colombie-Britannique, la glace est un des traits dominants du paysage canadien en hiver, et elle est présente, en toutes saisons, dans les régions septentrionales. Ce fait primordial a été illustré de façon spectaculaire, au cours de l'année passée, par la traversée du «Manhattan»; il fait partie également des connaissances que l'on enseigne à tout écolier canadien qui étudie l'histoire des premiers explorateurs de notre pays et des tentatives répétées qu'ont faites les Européens pour découvrir le légendaire passage du Nord-Ouest. Les conditions du gel et du dégel des eaux du Nord, y compris celles de la Baie d'Hudson, déterminent les cycles saisonniers de température et les chutes de pluie sur une grande partie de notre territoire. Le fait que la situation actuelle n'est pas stable, est attesté de façon évidente par les données que nous fournit la géologie: à la fin du Mésozoïque le climat de l'Arctique était réchauffé, au Crétacé des mers tièdes couvraient une grande partie du territoire continental intérieur et l'on connaît les périodes glaciaires du Pléistocène.

Ainsi ces changements climatiques à long terme intéressent spécialement les Canadiens et ils seront traités à nouveau plus loin; par ailleurs, les variations annuelles sont bien connues de chacun. La mer joue un rôle important dans ces changements climatiques à court terme. Après coup, l'on a montré que les écarts de température de la surface de l'océan étaient probablement la cause de différences dans le régime des vents de notre hémisphère. Ces modifications peuvent elles-mêmes causer de nouveaux écarts de température à la surface de l'océan. On espère comprendre assez rapidement ces situations pour effectuer des prévisions utiles sur les variations climatiques

à court terme. Quand ces prévisions deviendront assez exactes, on pourra leur trouver des applications dans des secteurs de l'agriculture, de la foresterie et de la construction—pour ne mentionner que ceux-ci. Par ailleurs, la civilisation cause déjà des changements dans notre milieu et il est indispensable d'être en mesure de prévoir leurs effets.

Dans le cas du Golfe du Saint-Laurent, la formation et la fonte des glaces de mer sont apparemment influencées par le mélange des eaux océaniques tièdes et profondes avec les eaux de surface refroidies. Dans l'ensemble, l'énergie de ces processus de mélange dépend à la fois des précipitations, qui déterminent le ruissellement, et des courants que causent les vents, quelquefois à une grande distance de l'endroit où ils s'exercent. Dans les zones circumpolaires, les eaux de surface ont une salinité relativement faible; cela est dû principalement à l'influence des fleuves de la Sibérie et à l'apport minime (peut-être 10 p. 100) du fleuve Mackenzie. Cette situation peut se trouver prochainement modifiée par de grandes dérivations de fleuves russes vers la région de la mer Caspienne. L'épaisseur des eaux de surface à faible salinité peut se trouver ainsi réduite; par ailleurs, il est probable que la formation de la glace est surtout influencée par le bilan thermique qui s'établit à la suite du refroidissement de la surface et de l'apport thermique des eaux tièdes profondes qui sont entraînées par les eaux provenant des fleuves. On ne connaît pas exactement l'importance relative de ces facteurs et des autres éléments du bilan thermique dans les zones circumpolaires.

Une région également importante pour le climat du centre et de l'est du Canada est la Baie d'Hudson, dont le bilan thermique est surtout influencé par l'albedo très élevé de la couche de glace et de neige qui persiste depuis janvier jusqu'aux premiers jours de l'été. Toutefois, la température des eaux du Détroit d'Hudson est surtout déterminée par l'écoulement des grands fleuves des Prairies, qui entraînent environ dix fois leur volume d'eau profonde salée. L'écoulement im-

portant des fleuves augmente probablement la température des eaux de surface, notamment pendant l'automne et au début de l'hiver. Ces eaux mélangées qui s'écoulent par le Détroit d'Hudson forment une composante importante du courant du Labrador. La température de ces masses d'eau modifie le régime de la fonte des icebergs provenant des glaciers du Nord et elle a une grande influence sur le climat de la côte Est. Il faudrait évaluer les conséquences climatiques qu'aurait la réduction de l'écoulement des fleuves dans la Baie d'Hudson, telle qu'elle résulterait d'un des importants projets de dérivation des eaux proposé au cours des dernières années. Actuellement, l'écoulement saisonnier est sensiblement modifié par les besoins de l'irrigation et de l'aménagement des centrales hydroélectriques; cela pourrait causer d'importants changements des périodes de crue, analogues à ceux dont nous avons parlé dans le cas du Golfe du Saint-Laurent. Il est évident que les études des sciences de la mer doivent porter sur les mécanismes de la formation de la glace et déterminer l'influence de ces facteurs sur la vitesse de congélation et de dégel, et particulièrement l'influence des phénomènes océanographiques, y compris la formation de la glace, sur les climats de la terre ferme et de l'océan. Jusqu'ici, ces domaines ont été relativement peu approfondis au Canada.

Depuis de nombreuses années, les pêcheurs et ceux qui connaissent bien la mer, ont pu, en se fondant sur la présence de poissons exotiques et de débris et d'épaves, déterminer sur une petite échelle la répartition *des masses d'eau à la surface*. On n'a établi que récemment que les remous et les grands tourbillons peuvent provenir de diverses causes et demeurer tels quels pendant des jours et des semaines, assez longtemps pour que leurs caractères biologiques, chimiques et physiques puisse être modifiés de façon appréciable. Ces phénomènes ont très probablement des effets importants sur la nature des processus biologiques; ils interviennent également dans l'élaboration des programmes d'échantillonnage océanographique. On

sait peu de choses de leur nature et de leur importance dans les eaux profondes. Ce genre d'études complexes exige que l'on se livre à des calculs à bord du navire dans le cadre de programmes menés sur place; cette méthode est encore peu utilisée pour les travaux canadiens d'océanographie côtière.

Les caractéristiques des courants, le climat maritime, et les processus de mélange ont, ensemble, une influence profonde sur la *productivité biologique*. En plus de ces variations, on doit noter également les effets de la pêche. Actuellement, la côte Est de l'Amérique du nord, du Groënland au Cap Cod, est l'une des zones du monde où l'on pêche le plus. Les principales répercussions de cette pêche sur la répartition des âges et l'abondance relative d'espèces déterminées ont fait l'objet d'études de scientifiques du Canada, des États-Unis et de quelques quatorze pays européens qui effectuent des prises importants dans ces parages. Si les gros individus de certaines espèces peuvent être considérés légitimement comme vivant une vie indépendante du reste de l'écosystème, on peut montrer que dans certains cas, tel celui des aiglelins du banc Georges, on ne peut augmenter sensiblement les captures totales des gros poissons en intensifiant la pêche. En attendant d'améliorer les méthodes utilisées pour les prévisions, on s'efforce sur le plan international de restreindre la pêche de ces espèces. Cependant, on a établi que les protéines étaient fournies surtout par les poissons de taille inférieure, et qu'à poids égal, les petits individus peuvent se nourrir de plus d'organismes vivants que les plus gros. Ainsi, on doute fortement que des techniques de pêche différentes permettraient d'obtenir des captures d'espèces commerciales, équivalentes aux prises actuelles.

Nos connaissances sur les interactions et la productivité des communautés biologiques, prises dans leur ensemble, sont capitales pour la gestion des pêches, mais elles restent très élémentaires. Nos connaissances sur l'interdépendance qui existe entre les espèces et la taille des poissons,

et leur nourriture, sont limitées; nous en savons peu sur la capacité de production en protéines des différentes espèces, ou sur les conditions qui régissent leur bonne reproduction. Cependant, nous savons qu'il existe des différences de productivité parmi les espèces; il est établi également que la pêche, telle qu'elle est pratiquée actuellement, provoque des modifications dans l'«équilibre» des diverses espèces des écosystèmes.

Les océanologues canadiens sont les premiers au monde pour l'accumulation des connaissances sur la production biologique, globale ou limitée aux parages de pêche. Toutefois, le Canada doit encore progresser sous ce rapport, du fait de ses responsabilités à l'égard des ressources halieutiques* soumises à sa compétence et en raison de l'intérêt spécial qu'il porte à la préservation et à la gestion des grandes zones de pêche qui s'étendent au-delà des eaux où il régit exclusivement les activités halieutiques. Si aujourd'hui la compétence des scientifiques canadiens se compare favorablement avec celle des océanologues des autres pays, elle n'a pas encore atteint le niveau désirable, si l'on considère les besoins existants. Il est indispensable que, le plus tôt possible, nous puissions calculer méthodiquement la productivité d'une zone donnée de la mer si nous voulons élaborer un programme de pêche intelligent, sur le plan national et international. Les océanologues canadiens ont le devoir de poursuivre leurs efforts dans cette direction.

Phénomènes se situant à la limite des échelles actuelles d'observation

La majorité des problèmes étudiés dans le cadre des sciences de la mer sont associés à des phénomènes facilement observables, mais nos connaissances se sont développées suffisamment pour qu'il soit possible d'analyser des variations se produisant à des échelles soit très vastes et longues, soit très réduites et brèves. On considère généralement que de telles études sont indispensables pour la science, car c'est

grâce à l'intuition et aux moyens techniques qu'elles nécessitent que l'on peut élaborer de nouvelles idées et de nouveaux principes permettant d'aborder sous un jour nouveau des problèmes qui semblent souvent désespérément complexes et insolubles si l'on se place au niveau de l'observation normale. C'est souvent dans ce domaine que les frais de recherche s'élèvent rapidement et que, par conséquent, l'aide financière est difficile à trouver. Cela est vrai, bien que l'on ait démontré fréquemment que ces recherches engendrent souvent des nouvelles technologies et applications qui stimulent les grandes activités industrielles.

Les recherches géologiques et géophysiques concernant le fond de la mer et les socles continentaux portent sur des phénomènes de ce genre, et de récentes études sur la dorsale médio-atlantique ont redonné vie à la théorie de la dérive des continents. Généralement, ces travaux sont entrepris par des scientifiques qui cherchent surtout à comprendre comment la Terre est devenue ce qu'elle est. Mais il est également important de voir qu'à cette échelle des temps, les substances minérales, dont le pétrole, qui sont généralement classées parmi les ressources non renouvelables, deviennent des éléments dynamiques de l'ensemble géologique. Certaines recherches de cette nature, menées par le passé, nous ont permis de mieux évaluer les structures géologiques minéralisées ainsi que les processus et les rythmes d'évolution qui les façonnent. On sait très bien que les résultats pratiques de ces recherches ont abouti à des techniques permettant de découvrir les zones où se trouvent les substances minérales, y compris le pétrole, ainsi que leur composition et leur concentration. Si les commanditaires des recherches peuvent s'attendre à de tels résultats, par contre, ils peuvent rarement voir l'importance et l'utilité probable des phénomènes associés. Par exemple, la découverte récente d'eau chaude très salée, couvrant des concentrations minérales extrêmement riches dans ce qu'on considère être la faille active du fond de la mer Rouge, reste mystérieuse.

*Les diverses espèces de poissons pêchées.

Cette découverte a suscité une foule d'hypothèses sur l'exploitation rentable des minéraux qui se trouvent dans des zones semblables d'autres parties du monde, par exemple, dans les zones profondément fracturées au large de la Colombie-Britannique.

C'est grâce au programme d'études géologiques et géophysiques de l'océan, conçu par l'Institut Bedford et l'Institut d'océanographie de l'Université Dalhousie, il y a quelque huit ans, que l'on a pu démontrer pour la première fois le potentiel pétrolier et minéral du plateau continental à l'Est du Canada. C'est à ces travaux que l'on doit le nombre sans cesse croissant de concessions pétrolières et gazières ainsi que l'expansion des activités de prospection. Des études semblables ont été réalisées depuis de longues années dans l'Arctique canadien, par la Commission géologique; par ailleurs, plus récemment, plusieurs organismes de l'État se sont unis pour effectuer des travaux semblables sur le plateau continental polaire. La caractéristique unique de ce domaine de recherches, c'est que l'industrie a entrepris, à partir des investigations de base et des encouragements financiers de l'État, la plupart des études et des travaux détaillés de prospection pour le pétrole, le gaz et les autres substances minérales. Dans l'Arctique, une firme canadienne a entrepris des exercices complets de logistique et des relevés géologiques détaillés, comme n'en avait encore jamais réalisé une société privée; par ailleurs, on remarque avec plaisir que des activités canadiennes se développent actuellement sur le plateau continental de la côte Est. Malgré tout, il demeure nécessaire que l'université et l'État effectuent de plus nombreux travaux de recherche et des levés, pour que le public dispose d'une information plus complète et qu'on puisse plus facilement interpréter les structures locales.

Jusqu'ici, la plupart des nombreux travaux géologiques et géophysiques concernant la mer ont porté sur les zones de l'Atlantique et l'Arctique canadien. Les conditions de la côte du Pacifique sont

différentes et il est urgent que l'on étende les programmes actuels à cette région.

L'étude de la *glaciation* peut être envisagée à une échelle chronologique plus réduite, mais elle présente un intérêt particulier pour le Canada. Naguère, la plupart des travaux menés en ce domaine portaient essentiellement sur la description des phénomènes du passé et sur les effets des glaciers sur la géologie des terrains superficiels. Ce n'est que récemment que des études biologiques, géologiques et géochimiques des plateaux continentaux ont révélé l'ampleur des effets de la formation et de la disparition des glaciers sur le niveau de la terre et de la mer, le climat, et les communautés biologiques. Par ailleurs, on estime de plus en plus que des phénomènes aussi considérables peuvent résulter de causes apparemment secondaires. Cette connaissance, et la preuve de plus en plus évidente de l'effet de l'activité humaine sur notre environnement, font que les théories et les études concernant la formation des glaciers et les changements climatiques à long terme, qui semblaient jadis n'avoir qu'un intérêt théorique, constituent à présent des sujets ayant une certaine importance pour les Canadiens.

Chacun sait que la consommation de carburants a sensiblement augmenté la fixation de l'oxygène et la production de gaz carbonique. De nos jours, nous devons faire très attention à maintenir la *constance de la composition de l'atmosphère*. D'importantes quantités d'oxygène, grâce à des processus biologiques, se dégagent de la mer, et cette dernière apparemment peut absorber beaucoup de CO₂. Malgré cela, on prétend que la teneur en CO₂ de l'atmosphère augmente à un taux mesurable et qu'elle pourrait, en modifiant les caractéristiques d'absorption thermique de l'atmosphère, modifier le bilan thermique de la Terre. Par ailleurs, certains des déchets qui sont entraînés vers la mer y gênent les processus biologiques qui contribuent au renouvellement des gaz atmosphériques. Il faudrait des milliers d'années pour que ces phénomènes modifient l'aspect physique du milieu am-

biant, mais il importe de connaître les corrélations qui existent entre les mécanismes à long terme et à court terme et qui déterminent la situation actuelle, quasi stationnaire. Sous ce rapport, il est certain que les phénomènes chimiques jouent un rôle important, mais nos connaissances actuelles, même celles qui portent sur la chimie élémentaire de la mer, sont remarquablement succinctes. Par exemple, on sait que de nombreux principes de chimie qui sont mentionnés dans les manuels du laboratoire ne peuvent s'appliquer à la matière diluée mais chimiquement complexe de l'eau de mer. Nous avons seulement commencé à mesurer la composition, les coefficients d'activité et les volumes partiels des éléments et des ions complexes de l'eau de mer. Nous ne comprenons pas des faits aussi fondamentaux que l'équilibre des carbonates. (Nous avons pu penser les comprendre, mais à mesure que nous nous sommes rendu compte de la véritable complexité de l'océan, nous avons perdu une confiance qui reposait sur des bases incertaines). On sait que la composition de l'eau de mer diffère d'un endroit à l'autre dans l'océan, mais nous ne sommes guère capables d'apprécier ces différences. Nous ne connaissons pas les phénomènes physico-chimiques qui se déroulent à la surface de l'eau; nous ignorons également ce qui se passe là où l'eau est en contact avec le sol et nous commençons simplement à étudier la complexité de l'effet des très fortes pressions qui s'y exercent. Bien que les laboratoires du groupe océanographique du Pacifique aient, sous la direction de l'Office des recherches sur les pêcheries, rédigé un manuel très utilisé pour effectuer l'analyse chimique de l'eau de mer, et que des recherches de chimie océanographique de grande qualité soient effectuées dans ces laboratoires et dans la région d'Halifax et de Dartmouth, l'océanographie chimique est une science négligée au Canada comme ailleurs dans le monde. Cette carence se fera sentir quand nous essaierons de comprendre l'effet des matières polluantes sur les milieux marins.

Les études des phénomènes marins à l'échelle microscopique concernent principalement les *mesures du transfert d'énergie*, et elles visent à expliquer les mécanismes qui y jouent un rôle. La plus grande partie de l'énergie provenant du Soleil est absorbée par la mer. Par conséquent, il est essentiel de comprendre les transferts d'énergie qui s'effectuent *au contact entre la mer et l'air*. Si le bilan du rayonnement à la surface de la mer est assez bien connu, on constate que les fractions du rayonnement que la surface reflète ou absorbe, ainsi que le flux thermique de l'eau vers l'atmosphère, dépendent de plusieurs facteurs. L'état de la mer est bien entendu très important. La houle résulte du transfert d'énergie éolienne à l'eau. Elle influe sur l'absorption du rayonnement solaire. Quand les vagues s'abattent, l'énergie qu'elles perdent dans les remous contribue au transfert de l'énergie thermique absorbée vers les eaux profondes. C'est en partie grâce à elles que se forment les courants océaniques qui permettent de répartir cette énergie thermique. Au cours de ce processus, l'énergie est transmise à l'atmosphère de façon complexe, et elle joue un rôle important dans les mouvements de l'atmosphère. Et même les instruments nécessaires pour mesurer les échanges qui se produisent là où l'air est en contact avec l'eau, dans ce vaste ensemble complexe aux éléments interdépendants, posent de grands problèmes techniques et scientifiques. Des résultats des expériences dépendent les prévisions de la formation de la houle, des courants et du mélange des masses d'eau. Les principales données nécessaires à la prévision des phénomènes océaniques et météorologiques ont été recueillies au cours des cinq ou dix dernières années. Quelques-uns des travaux les plus poussés ont été effectués au Canada; ils fournissent un bon point de départ pour mieux apprécier les problèmes qui se posent encore.

C'est à cette échelle microscopique, et au niveau de la *chaîne trophique*, qu'ont lieu les transferts d'énergie provenant de la fixation du carbone du CO₂ et la libéra-

tion d'O₂. Ces phénomènes dépendent étroitement des forces physiques qui s'exercent à la surface de l'eau. Les courants et les processus de mélange entraînent d'abord des eaux riches en minéraux vers la surface, où elles nourrissent les organismes effectuant la production biologique primaire. Les remous de la surface influencent fortement l'exposition de ces organismes à la lumière, leur répartition et leur disponibilité en tant qu'aliments pour les herbivores de l'écosystème. Ces remous déterminent la vitesse de descente de ces organismes hors de la zone de pénétration lumineuse. Au cours des dernières années, il est également apparu que certains phénomènes importants et imprévus peuvent modifier sensiblement les notions que nous avons de la production primaire. Nous voulons parler des hydrates de carbone et des acides aminés dissous, qui résultent probablement du métabolisme et de la décomposition du plancton; ils s'agglomèrent en particules organiques servant d'aliments aux chaînons inférieurs de la chaîne trophique. La découverte de ce phénomène a permis de mieux apprécier l'efficacité des transferts d'énergie au long de la chaîne trophique. Les mécanismes de formation de ces agrégats ne nous sont pas connus, mais ils peuvent impliquer des réactions microbiennes et physiques. Les découvertes les plus frappantes concernant ces agrégats organiques ont montré qu'ils étaient omniprésents et uniformément répandus dans les océans, même à de grandes profondeurs.

Depuis de nombreuses années, les scientifiques ont étudié les *processus de production biologique*; ils ont dégagé un certain nombre de méthodes permettant de mesurer la production primaire. Dans certains pays, notamment aux États-Unis et en Europe, des études approfondies ont abouti à des évaluations assez bonnes, bien qu'apparemment faibles, de la production primaire. L'un des buts de ces recherches était d'établir des liens entre ces évaluations et la production halieutique. Les résultats demeurent discutables, en partie parce qu'on ne peut pas encore mesurer de façon satisfaisante la produc-

tion des herbivores et du zooplancton. Il est curieux de noter que pendant de nombreuses années on n'a effectué au Canada que peu de travaux dans le domaine de l'océanographie biologique, si ce n'est pendant un an ou deux, au début des années 1930. Il s'ensuit qu'on manque de renseignements sur la production primaire de la plus grande partie de nos eaux. Toutefois, on a commencé à remédier à cette lacune il y a environ quinze ans, pour le littoral pacifique; par ailleurs, les connaissances des scientifiques de la côte Est ont sensiblement progressé au cours des cinq dernières années. Pendant cette période, les scientifiques les laboratoires de l'État et des universités ont mis au point des techniques et des instruments assez améliorés pour permettre de meilleures évaluations et comparaisons de la productivité dans ces zones. Il semble à présent que nous puissions presque comprendre la nature des paramètres qui interviennent dans la mesure de la production biologique secondaire. Toutefois, l'ampleur de nos activités actuelles est trop faible pour que nous puissions assez rapidement prévoir la capacité de production de nos eaux côtières, et évaluer les effets des agents de pollution sur ces eaux.

Les problèmes techniques

Nous avons souligné déjà que les progrès scientifiques sont étroitement liés aux progrès technologiques. Ainsi, quand on identifie une variable, il faut presque toujours effectuer des mesures quantitatives; celles-ci dépendent de la valeur des instruments et de l'endroit à partir duquel on travaille. Ensuite, il est indispensable de disposer de moyens d'analyse et de stockage des données. Les premiers résultats exigent souvent que l'on modifie la conception du matériel utilisé et, partant, l'ensemble des méthodes d'analyse. Le processus comporte souvent des interactions prolongées, qui ne sont interrompues que lorsqu'il est possible d'exploiter un groupe d'observations ou d'utiliser une technique particulière. Ces applications peuvent se rapporter aux objectifs du

programme original de recherches; fréquemment, elles entraînent une nouvelle orientation des travaux.

Les instruments

Jusqu'à une époque récente, les instruments utilisés dans les sciences de la mer avaient un caractère rudimentaire, en comparaison de ceux des autres sciences pragmatiques. Dans le domaine de l'océanographie physique, on utilise encore communément les dispositifs conçus il y a 50 ans par Ekman et Nansen. En océanographie biologique, la plupart des instruments d'échantillonnage sont presque les mêmes que ceux qui étaient utilisés au 19^e siècle. Cette lente évolution reflète en partie la répugnance traditionnelle à utiliser des méthodes d'électronique en mer. Une brève expérience suffit souvent à démontrer que l'électricité et l'eau de mer font des rencontres désastreuses, et elle indique à quel point le matériel doit être résistant pour supporter un maniement nécessairement assez brutal. Mais la lenteur de l'évolution résulte également de notre impuissance à évaluer le degré élevé de complexité et de dynamisme du milieu marin à trois dimensions, en comparaison du milieu terrestre où nous avons l'habitude de vivre, qui n'a pratiquement que deux dimensions et est relativement stable.

La situation a évolué rapidement au cours des dernières années. Au moins, dans les sciences physiques et géophysiques, les techniques de mesure utilisent-elles des instruments d'une grande sensibilité, de conception moderne; elles sont aussi perfectionnées que celles que l'on emploie aujourd'hui dans n'importe quelle science. Si, en général, on remarque un retard dans le domaine des instruments de biologie, des progrès rapides ont été réalisés pour les techniques de l'acoustique et des indicateurs radio-actifs. Les techniques du laser sont également très prometteuses.

Au Canada, la plupart des progrès concernant les instruments des sciences de la mer ont été réalisés dans les principaux laboratoires de l'État, par exemple à

l'Institut Bedford et au Conseil des recherches pour la défense. On a effectué aussi des réalisations importantes dans les instituts d'océanographie de l'Université de la Colombie-Britannique, de l'Université Dalhousie et dans les laboratoires du Conseil national de recherches, à Ottawa. Une partie de ce nouveau matériel est encore au stade de l'étude technique et il est difficile de juger de sa valeur. Mais certains instruments sont remarquables et les océanographes qui les possèdent disposent d'outils incomparables.

C'est dans les laboratoires du Conseil des recherches pour la défense qu'ont progressé le plus les travaux concernant la mise au point de nombreux instruments. Par exemple, ces laboratoires ont fabriqué des instruments particulièrement perfectionnés pour effectuer des travaux d'acoustique en mer et mesurer la microstructure de l'eau de mer. Ils ont conçu des ensembles complexes d'appareils remorqués (nous utilisons à dessein cette expression en nous référant au sens moderne de la technologie des systèmes complexes) et ces techniques relèguent au second rang la plupart des techniques qui sont utilisées ailleurs, au Canada ou dans le reste du monde. C'est surtout dans les laboratoires qu'ont pu être réalisés ces travaux, grâce à la compétence des spécialistes et des techniciens. Toutefois, dans certains domaines du moins, il semble que les besoins de la défense nationale jouent un rôle qui devient moins important; il demeure que les méthodes et le matériel mis au point conservent une grande importance scientifique, peuvent donner lieu à un certain nombre d'utilisations et être exploités commercialement dans le domaine civil. Il faut prendre des mesures spéciales pour que les avantages que peuvent procurer ces importants investissements financiers et ces efforts intellectuels ne soient pas perdus. Quand les intérêts de la défense nationale ont changé et qu'il existe des intérêts de nature civile, il importe de transférer les programmes au domaine civil plutôt que de les supprimer. Il peut être souhaitable de muter le personnel. À coup sûr, on devrait

répartir les talents nécessaires.

La mise au point et l'utilisation du matériel est coûteuse, prend du temps et exige des compétences techniques spéciales. Il semble que, sous ce rapport, deux problèmes particuliers se posent au Canada. En premier lieu, si les sciences de la mer dépendent plus d'un équipement spécial, notamment de navires et d'ordinateurs, que la plupart des sciences, on constate que dans leur cas, le rapport entre les dépenses d'achat et les dépenses de fonctionnement n'atteint que 30 p. 100, c'est-à-dire environ le même pourcentage que dans les autres sciences. Nous estimons, en nous fondant sur un grand nombre de faits scientifiques, qu'il importe de consacrer plus de capitaux à la mise au point du matériel, si l'on veut faire progresser les sciences de la mer.

En second lieu, il est remarquable qu'en ce qui concerne l'élaboration des instruments utilisés au Canada dans les sciences de la mer, la participation du secteur privé soit nulle. Cela est dû partiellement aux faibles dépenses en équipement des laboratoires dont l'appareillage propre, d'ailleurs coûteux est acquis, pièce à pièce, au cours de périodes assez longues; ce matériel est modifié et mis au point au fur et à mesure de son utilisation. Il y a une autre raison: les grandes industries et les spécialistes compétents en ce domaine se trouvent à l'intérieur du pays et témoignent peu d'intérêt pour les choses de la mer. Les scientifiques canadiens établissent des contacts avec des fournisseurs étrangers qui, en plus de leur activité commerciale, s'intéressent en permanence aux nouveaux produits élaborés grâce aux études techniques des laboratoires canadiens. Quoiqu'il en soit, un nombre important d'instruments mis au point au Canada n'ont jamais été fabriqués hors du laboratoire qui les a conçus et ainsi ils ne peuvent servir aux autres scientifiques. Généralement, cela n'arrive pas dans les autres parties du monde. Comme on n'a pas pris de mesures spéciales pour établir des liaisons efficaces entre les scientifiques et les industriels, on aboutit à un échec scientifique et économique.

La situation actuelle est rendue plus grave par les appels d'offres que lance l'État. Souvent, quand les laboratoires de l'État et le secteur privé y ont consacré beaucoup de temps et d'efforts, un accord efficace peut être conclu avec une firme particulière pour la production d'une catégorie d'appareils, ou pour un seul d'entre eux en particulier. Malheureusement, quand le programme est terminé et que l'on veut en commencer un autre, il est d'usage que l'État lance un nouvel appel d'offres, et souvent c'est une autre société qui obtient le contrat. Tout le processus d'accoutumance réciproque doit repartir de zéro. Non seulement il semble que les scientifiques des laboratoires perdent ainsi une partie de leur temps, mais il apparaît que les nombreuses petites industries qui ont travaillé à ces programmes, en diverses occasions, n'ont pu élaborer une technologie qui leur soit réellement propre. On pourrait instituer une politique portant sur la fabrication d'«instruments choisis»; les entreprises, à condition que leur production demeure satisfaisante, pourraient jouir de droits spéciaux leur permettant de collaborer avec un laboratoire particulier de l'État.

Il faudrait adopter délibérément une politique permettant de jeter un pont entre la compétence technologique des scientifiques des laboratoires et les activités de production de l'industrie. On devrait commencer par augmenter, de façon générale, le budget que les laboratoires de l'État et des universités consacrent à la mise au point ou à l'acquisition de matériel. Il faudrait, ensuite, pour répondre aux besoins d'élaboration d'instruments en général, encourager, dans certains instituts de technologie du Canada, l'enseignement de la technologie océanique ainsi que les études d'océanologie appliquée. En même temps, il faudrait veiller à établir une liaison étroite entre l'industrie et les laboratoires de recherche, ce qui pourrait être obtenu en plaçant des ingénieurs et des scientifiques de l'industrie dans des laboratoires qui ont formé leur propre compétence; l'État pourrait apporter son aide sous la forme

d'un programme spécial de stages. Dans le cas des industries fabriquant des «instruments choisis», on devrait avoir la garantie qu'après une période de démarrage, les entreprises n'utiliseraient que leurs propres spécialistes. Par ailleurs, il est indispensable que l'on encourage plus généreusement les travaux de recherche, développement technique et innovation dans le secteur privé, en combinant diverses méthodes. Les laboratoires des universités et de l'État auraient un plus grand nombre d'occasions de conclure des contrats, si l'on mettait en œuvre l'arrangement cité plus haut. En outre, il importerait, dans de nombreux cas, que l'État partage davantage les risques financiers courus, même pour des contrats de développement technique entièrement subventionnés. Enfin, il est certain qu'il revient à l'industrie d'établir un programme de commercialisation dynamique et bien informé. Au chapitre VI, nous parlerons des mécanismes qui sont nécessaires pour mettre en œuvre un tel programme.

Les navires

Les navires de recherches sont principalement conçus comme des plates-formes stables d'observation, à partir desquelles il est possible de procéder à un échantillonnage océanographique. À mesure que la science devient plus complexe, la conception de ces plates-formes d'observation prend un caractère de plus en plus spécialisé. Il est très important que le navire puisse demeurer parfaitement en place, souvent par gros temps. Il doit posséder un matériel de pont spécial pour passer les gros instruments pesants par-dessus bord ou à travers la coque. De même, les treuils et les câbles doivent être de conception particulière pour permettre au matériel d'échantillonnage d'atteindre de grandes profondeurs et d'être remorqué à grande vitesse. Il faut que le navire ait des commandes de plus en plus sensibles quand il est en marche, qu'il dispose d'une installation électrique spéciale et d'un courant à tension stable permettant le fonctionnement de capteurs complexes

et d'ordinateurs embarqués, et qu'il soit assez silencieux pour que l'on puisse utiliser des appareils de détection acoustique. Cette nécessité croissante d'utiliser un équipement de conception spéciale exige que s'établissent des relations de plus en plus étroites entre le chantier, le bureau d'études et le chercheur, pour la mise au point des navires de recherches.

Selon les informations du comité canadien d'océanographie, la flotte de navires canadiens de recherches atteint 26 unités dépassant 70 pieds de longueur, y compris les deux navires météorologiques et les bâtiments auxiliaires fournis par la marine de guerre, mais à l'exclusion de 13 brise-glace. Environ la moitié de ces 26 navires sont de grandes unités de plus de 200 pieds de longueur. Il s'agit là d'une flotte importante, qui pourrait être la base d'une industrie.

Un certain nombre de ces navires ont été transformés, mais dernièrement on a construit plusieurs navires de recherches spécialement conçus. Ces nouveaux modèles remplissent mieux leur fonction que ceux qui ont été transformés. On prévoit que l'on concevra des modèles encore plus perfectionnés. On a tenté, au Canada et ailleurs, d'innover en matière de formes de carène, de méthodes de manœuvre, d'équipement stabilisateur et de méthodes de travail, mais il reste beaucoup à faire. Par exemple, il faut concilier la nécessité d'avoir peu de franc-bord et de pouvoir travailler «au sec». On n'a pas encore réalisé de compromis valable à cet égard. Le besoin de stabilité est si important que les scientifiques ont pu concevoir des modèles hétérodoxes ou même envisager l'utilisation de grands submersibles, de type militaire, en guise de plates-formes de recherches. Ces projets ont été rarement mis à exécution.

La conception des navires relève bien plus de la technique que de la science et les améliorations ne peuvent se faire qu'en mettant à l'épreuve des idées. Quand le navire de recherches «Endeavour» a été conçu pour le Centre des recherches pour la défense dans le Pacifique (DREP), des nouveautés ont été apportées. Quelques-

unes ont été des échecs. Néanmoins, ces mauvais résultats ne devraient pas décourager les innovateurs. Ne jamais échouer est le signe certain de trop de prudence!

On doit encourager les bureaux d'études à innover. Pour que cette évolution se fasse le mieux possible, il faut que le bureau d'études, le chantier et l'utilisateur collaborent étroitement. En particulier, le bureau d'études a besoin d'être solidement renseigné sur les points faibles et forts des plans qui ont été établis précédemment, de même que sur les nouveaux usages auxquels on peut destiner le navire. Le chantier doit pouvoir signaler à l'utilisateur et au bureau d'études les modifications techniques susceptibles de rendre la construction moins coûteuse ou plus facile, et il doit savoir si ces modifications auront une grande influence sur les activités du navire. Le bureau d'études doit indiquer à l'utilisateur les innovations qui peuvent être apportées, et il doit savoir si celles-ci sont justifiées et, par la suite, si elles ont constitué une réussite.

Si l'on adopte comme principe que la durée normale d'utilisation d'un navire de recherches canadien ne doit être que de 15 ans environ, pour remplacer la flotte il faudrait construire presque deux navires par an et pour l'agrandir il faudrait porter ce chiffre à trois au moins. De plus, on pourrait ajouter un brise-glace tous les ans ou tous les deux ans. À la lumière de ces faits, il semble raisonnable de constituer une équipe de spécialistes qui serait chargée de travailler à plein temps à la conception de navires de recherches. Une telle équipe, que l'on renseignerait convenablement sur les résultats de ses recommandations, devrait pouvoir améliorer ses travaux de conception de sorte que lorsque les navires atteindraient, au bout de 15 ans, l'âge de la retraite, ils seraient surrannés sinon complètement périmés. Il n'est pas nécessaire d'envoyer les unités surrannées à la démolition. Elles peuvent être utilisées par des pays moins développés.

Par ailleurs, cette équipe pourrait acquérir une compétence lui permettant de

rechercher des débouchés à l'étranger. Aucun des pays européens, ni le Japon, ne possède une aussi grande flotte de navires de recherches, bien que les besoins de telles unités se fassent sentir dans le monde et en dépit de l'augmentation des activités océanographiques. Seuls les États-Unis et l'Union Soviétique possèdent actuellement de grandes flottes de navires de recherches, mais il leur faudrait quand même augmenter le nombre de leurs unités. Ainsi, dans le domaine des navires de recherches, il n'est guère valable d'opposer à la participation canadienne à cette construction l'argument majeur des frais de main-d'œuvre élevés. Un tel handicap s'applique *a fortiori* aux États-Unis. Quant à l'Union Soviétique, elle se trouve encore loin derrière et il est légitime de penser qu'on ne doit pas lui laisser rattraper son retard. Sa flotte de navires de recherches est très importante, mais pratiquement toutes les unités ont été construites dans les chantiers de l'Europe de l'Est et les constructeurs ne reçoivent de la part des utilisateurs que peu de renseignements sur les performances des navires qu'ils ont construits. Nos navires sont les meilleurs, et peuvent le demeurer. Si les sciences de la mer restent d'un niveau élevé au Canada, nous pourrions mieux qu'ailleurs munir les navires de recherches d'équipement scientifique de haute qualité. Ainsi, avec l'aide d'une équipe spéciale et d'un programme de construction étayant nos propres activités océanographiques, nous ne voyons pas pourquoi nous ne pourrions pas vendre des navires de recherches spécialement construits. Il faut profiter des occasions qui se présentent.

Si nous voulons vendre à l'étranger, il faudra démontrer que les navires de recherches construits par le Canada peuvent permettre d'atteindre des objectifs économiques. Pour cela, et en même temps afin d'assumer une responsabilité vitale et importante dans le domaine de l'aide à l'étranger, le Canada pourrait construire un ou plusieurs navires de recherches de taille moyenne qui seraient exploités par des Canadiens, et que notre pays charge-

rait spécialement d'effectuer des travaux pour le compte des pays en voie de développement. Les activités de ces navires pourraient se fonder sur notre expérience; ils pourraient utiliser nos techniques et notre matériel pour étudier du point de vue hydrographique et géologique (plus spécialement géomagnétique) les ports et les plates-formes continentales des pays en voie de développement. Ces travaux devraient comprendre l'élaboration des cartes marines dont ont besoin ces pays, ainsi que la formation de techniciens, de scientifiques et d'équipages indigènes. Un second type de navire pourrait être un chalutier océanographique qui serait mis au service des sciences de la mer, de la biologie et de la pêche.

Si l'on veut créer une industrie qui fournira au Canada des navires de recherches à la fois mieux conçus et plus efficaces, il faudra surmonter des obstacles d'ordre administratif. La construction d'un navire de recherches étant considérée comme un événement inhabituel, peu de chercheurs, dans les organismes d'État canadiens, ont examiné sérieusement le problème jusqu'au moment où il s'est réellement posé. Même dans ce cas, selon les dispositions légales actuelles, c'est un organisme du gouvernement central, le Ministère des Approvisionnements et Services, qui est chargé des études techniques et des achats; il fait appel à des firmes privées d'experts-conseils. L'utilisateur, qui souvent n'est pas prêt à fournir les prescriptions techniques nécessaires pour les besoins de l'exploitation du navire, considère que le ministère fait un bon travail. Mais il semble que la politique suivie ait empêché les chantiers de connaître les nouvelles orientations actuelles.

Il en résulte que les chantiers sont grandement handicapés quand ils produisent de nouveaux types de navires et aussi qu'ils sont incapables de remodeler leurs installations et de coordonner leurs méthodes de production, compte tenu de la nécessité de disposer d'une main-d'œuvre spécialisée pour améliorer leur efficacité. À notre avis, il faut une meilleure planification à long terme et de

meilleurs rapports entre l'utilisateur, le bureau d'études et le constructeur. On pourrait atteindre cet objectif ainsi:

1° Le gouvernement, plutôt que de prendre des décisions séparées, devrait formuler et annoncer des politiques à long terme pour la recherche en construction navale; il pourrait s'agir de programmes quinquennaux.

2° On choisirait, au moins les régions, et peut-être les chantiers les plus favorisés, pour les faire bénéficier de contrats à long terme ayant pour objet la conception et la construction de navires, avec la garantie que les normes voulues seront respectées.

3° Il faudrait conclure, avec les chantiers, des contrats couvrant toutes les fournitures; cela aurait pour effet d'établir des liaisons plus étroites entre les bureaux d'études et les constructeurs.

4° Il faudrait mettre sur pied un comité de scientifiques utilisateurs qui, de concert avec des représentants de chantiers et de bureaux d'études, prévoiraient les nouveaux besoins des utilisateurs.

5° Il faudrait étudier le régime de propriété ou d'exploitation des navires de recherches canadiens par des firmes privées ou par un «organisme d'État indépendant». Il faudrait que le propriétaire privé puisse mettre à la disposition de l'État et des universités le navire de conception nouvelle, sur la base d'un affrètement à long terme assorti de garanties. En même temps, le propriétaire privé devrait pouvoir ajouter, aux contrats de l'État, ceux qu'il passera avec le secteur privé; il devrait pouvoir effectuer des ventes à l'étranger, permettant ainsi une rotation plus rapide du matériel et l'évolution de la conception des navires de recherches. On peut penser que ce processus permettrait des économies importantes, au moins pour certaines catégories de navires. Cette idée est détaillée au chapitre VI.

Banques de données et équipement d'informatique

On a noté précédemment qu'il était essentiel, dans l'intérêt des sciences de la mer et des autres sciences du milieu am-

biant, de se livrer à une description d'ensemble. Or, l'acquisition de données en mer est coûteuse et l'on doit en tirer le profit maximal. Il est courant qu'un scientifique, au cours de ses recherches, rassemble des données utiles à des fins autres que celle qu'il poursuit directement. Pour les besoins de son analyse, il est souvent important qu'il dispose d'informations sur des domaines, des situations, et des époques qui ne sont pas couvertes par ses propres travaux. Ces handicaps et ces besoins ont été, très tôt, à l'origine de diverses formes de compilations et d'échanges de données, et finalement au cours des dernières années 1950, il en résulta la création d'un certain nombre de banques de données nationales et internationales chargées de rassembler les informations fournies par les nombreux utilisateurs, de leur donner une présentation normalisée et de les stocker afin de pouvoir ensuite les rechercher et les échanger. Cependant, de nombreux problèmes techniques sont posés par ce processus, mais on réalise continuellement des améliorations en ce qui concerne la normalisation qualitative des éléments d'entrée, l'efficacité de la présentation des données, la création de nouvelles normes et méthodes pour traiter des éléments aussi difficiles que les données biologiques ou les diagrammes fournis par les nouveaux instruments.

Bien que de nombreux scientifiques aient commencé par douter de la qualité de l'information acheminée par des organes aussi importants et anonymes, les banques de données sont de plus en plus appréciées. En 1965, par exemple, environ 6 000 stations océanographiques ont soumis des données pour traitement au Centre canadien de données océanographiques, créé en 1964. En 1968, ce nombre a dépassé 25 000. En 1967, cet organisme a fourni, au Centre national de données océanographiques des États-Unis, des renseignements concernant 940 stations et il en a obtenu sur 4 500 stations. Le Centre canadien a reçu des demandes en provenance du Canada sur environ 5 000 stations. En 1968, dans les échanges avec les États-Unis, les ren-

seignements fournis concernaient 2 100 stations et ceux reçus, 6 000 stations; les demandes provenant du Canada ont porté sur environ 10 000 stations. Ces chiffres ne concernent que les données d'océanographie physique. En plus des centres de données océanographiques, on trouve, au Canada, des centres qui traitent les données géologiques et météorologiques. Des démarches récentes ont été entreprises pour élaborer des méthodes permettant de traiter les données concernant la glace, particulièrement celle des eaux navigables. On traite également les données halieutiques. En fait, les centres de données ont acquis une importance vitale pour les scientifiques. Par exemple, c'est grâce à la création des centres mondiaux de données, à l'occasion de l'Année géophysique internationale (1957-1958), qu'il est devenu possible, pour la première fois de faire des recherches sur les phénomènes physiques terrestres, tant soit peu à l'échelle planétaire. Il ne fait pas de doute que ces travaux seront toujours de plus en plus importants.

À l'origine, on a créé les centres de données pour répondre aux besoins des scientifiques. Ils ne fonctionnent de manière satisfaisante que si les usagers sont clairement identifiés et les utilisations possibles des données, bien définies, car c'est l'usage qui conditionne largement la façon de stocker les données et la recherche de ces dernières. Une grande partie du travail permanent des centres consiste à préciser les facteurs de recherche des données, à mesure qu'on ressent le besoin d'étudier de nouveaux phénomènes à différentes échelles dimensionnelles et chronologiques. Or, les progrès de la science ont ouvert de nouvelles perspectives et proposé de nouveaux objectifs à l'utilisation et à l'exploitation rationnelle de la mer et de ses ressources, et un nouveau groupe d'utilisateurs de banques de données s'est manifesté. Il s'agit des industries qui s'intéressent aux problèmes de la mer et des technocrates. Cette nouvelle utilisation des données pose des problèmes aux centres nationaux d'information.

Le premier problème qui se pose aux

banques de données concerne leurs sources documentaires. Généralement, le scientifique est intéressé surtout par le fonctionnement des choses. Ainsi, le plus souvent, un scientifique espère que ses découvertes auront le champ d'utilisation le plus grand possible, non seulement pour la science en général, mais pour le monde entier.

Quand il a rassemblé personnellement des données scientifiques, il importe qu'il fasse traiter celles-ci pour en établir la valeur, et si possible, certains de leurs traits importants avant qu'elles ne soient divulguées. La question se pose alors: «dans quelle mesure est-il bon d'étudier et de traiter les données?» Le scientifique doit en décider lui-même, dans son domaine de compétence. Mais dans son appréciation, jusqu'où peut-il et doit-il aller, compte tenu des autres utilisateurs? En général, l'augmentation du volume des données d'entrées, dans les centres de données, s'impose et le scientifique doit communiquer ses informations à la banque dès qu'il a établi leur valeur et les a mises sous une forme susceptible de donner lieu à des échanges, dans le cadre des programmes de collaboration internationale. Cette méthode permet à chaque scientifique d'acquérir des données à partir d'autres sources, ce qui contribue sensiblement à l'efficacité des recherches.

Les raisons des usagers de l'industrie, et donc les besoins ou les modes d'utilisation, diffèrent de celles des scientifiques. Il faut noter, en premier lieu, que les industries, en particulier celle du pétrole, se livrent à des travaux importants, pour leur propre compte. Les données géologiques et géophysiques qu'elles accumulent peuvent être utilisées par la science, mais également par d'éventuels concurrents. On a mis au point des méthodes satisfaisantes permettant de disposer des données concernant les carottes, et de les divulguer. Il faut conclure des arrangements grâce auxquels les données géophysiques et autres concernant l'océanographie, recueillies par les firmes privées, pourraient servir aux banques de données.

Le second problème qui se pose aux industriels qui font appel aux banques de

données concerne l'utilisation de ces informations. La question est particulièrement importante et se pose presque uniquement au Canada. Une grande partie de la technologie appliquée aux problèmes de la mer est nouvelle et nombreuses sont les industries canadiennes qui en ont une expérience assez mince. En de nombreux cas, on constate que les firmes n'ont pratiquement pas de compétence pour la recherche indépendante ni de base technologique solide. Sous cet angle, les industries canadiennes sont désavantagées, de façon disproportionnée, par rapport aux firmes des États-Unis et quelquefois par rapport aux organismes soviétiques; elles ne sont pas prêtes à tirer parti des avantages qu'offrent les découvertes scientifiques. Bien qu'il soit dangereux de faire des comparaisons, on peut décrire de façon pertinente ces échanges d'informations comme les échanges de privilèges entre deux hommes dont l'un aurait un petit pâturage avec cent vaches, et l'autre une immense pâture avec une vache. La nature des avantages réciproques de ce genre d'échanges doit être examinée de près si l'on veut élaborer une politique concernant les échanges et l'utilisation des données scientifiques. Il est clair qu'échanger celles-ci sur le plan international constitue l'un des moyens les moins coûteux et les plus efficaces pour rassembler des données océanographiques (voir la déclaration du D^r T. Austin, Directeur du Centre national des données océanographiques, à Washington, D.C., devant le Comité de la Marine marchande et de la Pêche du Congrès des États-Unis). Toute entrave à ces échanges aurait une influence funeste sur les progrès scientifiques et devrait être interdite au moyen d'accords internationaux. Toutefois, une méthode destinée aux données scientifiques n'est pas nécessairement bonne au niveau industriel. Dans le cas du Canada, on doit s'efforcer particulièrement de former, au sein de l'industrie, des groupes capables de découvrir les grandes quantités de renseignements qui s'offrent à eux, et pouvant apprendre à s'en servir. Nous reviendrons sur ce sujet au chapitre VI.

Chapitre IV

Problèmes, responsabilités et perspectives d'avenir

Les ressources biologiques

La pêche en mer

On a souvent souligné qu'à l'échelle mondiale, parmi toutes les productions fondées sur les ressources de la mer, celle de la pêche est la plus importante; grâce à la pêche, on obtient une quantité indispensable des protéines animales nécessaires au monde entier. En fait, le total actuel des prises dans le monde, qui s'élève à environ 65 millions de tonnes, représente 18 p. 100 de la consommation mondiale de protéines animales¹. Les prises mondiales ont augmenté régulièrement à un taux de près de 7 p. 100 par an, c'est-à-dire sensiblement plus rapidement que la population globale (voir figure n° IV.1). Il en est résulté que les prises de poissons ont contribué de façon très importante à l'augmentation de la masse alimentaire dont a pu disposer chaque être humain au cours de la décennie passée. (La production de la pêche représente une hausse d'environ un tiers de la production alimentaire par habitant²). Un autre aspect de la pêche est la grande importance qu'elle revêt pour les pays en voie de développement. Quelques-uns des parages actuellement exploités, où l'on trouve de grandes concentrations de poissons, et certaines zones pleines de promesses mais encore non exploitées, telles que la mer d'Arabie, les parages au large de l'Afrique occidentale et le long du littoral oriental de l'Amérique du Sud, sont proches des côtes des pays économiquement défavorisés. Toutefois, la pêche en haute mer est une activité dont la technologie est complexe et nombreux sont les pays sous-développés qui ne possèdent pas les ressources, les connaissances et l'encadrement nécessaires. Par ailleurs, certains des pays évolués, comme le Japon et l'U.R.S.S., possèdent

des flottes qui vont partout dans le monde et dont l'expansion est rapide³. Une des raisons du maintien de ces activités est que le poisson représente, parmi les aliments où les protéines sont bien réparties, celui qui est, de beaucoup, le moins coûteux et le plus accessible. Tous les végétaux que l'on peut acquérir à bon marché, sont incomplets sous ce rapport.

Bien que le Canada soit l'une des dix premières nations productrices de poissons, notre pays ne joue directement qu'un rôle minime dans l'approvisionnement mondial en poissons. Il faut dire que les Canadiens pêchent essentiellement pour le marché américain. Nos principales exportations, en valeur, vont aux États-Unis et à l'Europe occidentale; toutefois, cette situation pourrait changer entièrement avec l'avènement des concentrés de protéines de poisson (CPP) qui sont aisément transportables et entreposables.

Compte tenu de la situation actuelle, nous devons nous soucier principalement d'améliorer notre économie halieutique; toutefois, là où notre avance technologique est suffisante, nous devons aider les pays défavorisés à augmenter la quantité de leurs prises et à développer leur industrie traitant le poisson, et par ailleurs nous avons à assumer d'autres responsabilités importantes sur le plan international (voir le chapitre V).

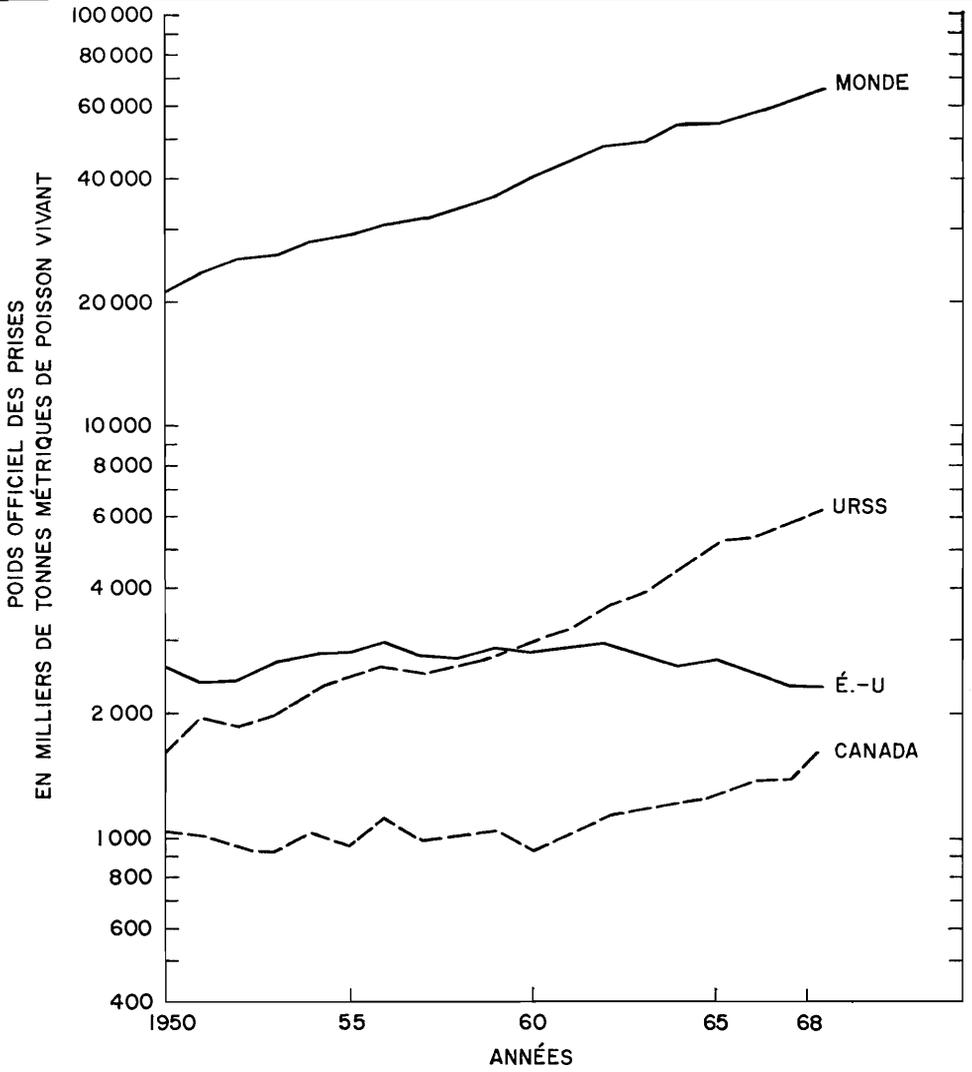
Les économistes ne sont pas d'accord sur la façon d'évaluer la production halieutique. Celle-ci ne représente qu'une proportion très minime du PNB canadien (0.6 p. 100 en 1968). Sur le plan des exportations, la valeur de la pêche se situe autour de 2 p. 100 du total, alors que celle du pétrole et du gaz varie entre 4.5 p. 100, et celle du blé entre 5 et 12 p. 100. En valeur, la production de la pêche a pu rapporter environ 200 millions de dollars à l'exportation, alors que la balance commerciale accusait un excédent

³À présent, les Japonais pêchent au large de l'Afrique occidentale et ils se sont récemment livrés à des essais sur les Bancs de Terre-Neuve. Dans le Nord-Ouest de l'Atlantique, les prises de l'U.R.S.S. sont les secondes en importance et elles représentent plus de la moitié du total des captures des pêcheurs canadiens de la côte Est.

¹Global Ocean Research. Rapport publié par un groupe d'étude auquel participaient le Comité consultatif des recherches sur les ressources de la mer (de la FAO), le Comité scientifique de la recherche océanique (de l'ICSU) et l'Organisation météorologique mondiale (OMM), à Ponza et Rome. Publié à Lajolla, Californie, 1969.

²Food production—shortage or surplus? Nature 225, p. 9, 1970.

Figure n° IV.1-Tonnage mondial débarqué



de 450 millions de dollars (données de 1966—Annuaire du Canada de 1968). Il est évident que la pêche constitue un secteur qui ne peut être négligé.

Une des difficultés importantes de l'évaluation économique de la pêche réside dans la complexité de ce secteur. La pêche ne constitue pas *une seule* activité économique mais un ensemble étonnamment hétérogène d'entreprises: on a d'abord l'individualiste invétéré qui possède un petit bateau, une ligne qu'il manœuvre à la main et à laquelle il accroche, en guise d'appât, des morceaux de praire ou de calmar; on passe ensuite aux bateaux plus importants qui pêchent le saumon sur la côte pacifique, et dont les équipages syndiqués négocient avec les conserveries; enfin, on trouve les chalutiers valant plusieurs millions de dollars, qui pratiquent la pêche au large pour le compte de vastes et efficaces entreprises de la côte atlantique, intégrées verticalement pour acheminer le poisson frais. De même, sur le plan régional, l'importance et la vitalité de la pêche diffèrent considérablement.

Il est probable que c'est en Nouvelle-Écosse que la pêche a la plus grande importance économique, et les problèmes qui s'y posent méritent d'être étudiés, car ils montrent ce qu'il est possible de faire. En premier lieu, la pêche est un élément important de l'économie de la province (elle constitue environ 10 p. 100 du produit provincial) et son expansion relative s'est maintenue au cours des dernières années. Le taux d'accroissement des prises débarquées de la pêche au large a été en moyenne de 7 ou 8 p. 100, en poids, et de plus de 10 p. 100, en valeur. Au cours de la même période, la progression des captures a égalé au moins la moyenne mondiale, et elle a égalé celles des autres pays qui pêchent dans le Nord-Ouest de l'Atlantique, à l'exception de l'U.R.S.S.

Cette expansion n'a pas toujours eu lieu. Avant les années 1960, l'augmentation des prises, en poids et en valeur, était plus lente (voir figure n° IV.1). L'évolution actuelle résulte de la politique de l'État visant à rénover les flottes de pêche et à remplacer les navires inefficaces par

des chalutiers modernes. Il ressort que la pêche dans cette région n'est pas actuellement limitée par l'importance des ressources, mais plutôt par des motifs économiques.

Un second facteur important de la pêche en Nouvelle-Écosse a été révélé par l'étude récente qu'a effectuée l'Office des recherches sur les pêcheries au sujet du rendement des chalutiers: les captures quotidiennes de nos navires de pêche ont été plus grandes que celles d'unités de même taille de 14 pays européens ou des États-Unis, si l'on excepte les chalutiers espagnols. Bien que l'on ignore l'importance des équipages, il semble que le Canada se place en tête pour les captures par journée de pêcheur. Par ailleurs, les navires canadiens pêchent un plus grand nombre d'heures par an que les unités des autres pays. Il est évident que la flotte atlantique du Canada est en mesure de s'attribuer sa part de captures au large de la côte Est, là où règne une concurrence acharnée.

Un troisième trait important est que l'industrie qui traite le poisson est moderne sous la plupart des rapports. En fait, la productivité par homme, dans ces usines, a augmenté lentement mais régulièrement à la suite des nouveaux investissements qui ont été effectués pour rénover les installations.

Finalement, on doit noter que, pour ces entreprises, le coût des matières premières, le poisson débarqué, représente environ 70 p. 100 du coût total. Ces frais ne sont pas seulement élevés; ils tendent aussi à augmenter, réduisant les bénéfices bruts des entreprises.

Ainsi, dans l'ensemble, la pêche au large de la Nouvelle-Écosse constitue une activité économique dynamique et moderne. Ce résultat n'a pas été atteint sans beaucoup d'initiatives et d'efforts sur le plan industriel. Au cours des dernières années, le nombre d'espèces prises, et pour lesquelles on a mis au point de nouvelles méthodes de traitement et de commercialisation, a augmenté régulièrement. Le résultat le plus spectaculaire a été l'accroissement très grand de la produc-

tion de hareng. De plus, allant de pair avec les nouvelles méthodes de commercialisation, la qualité des produits livrés au consommateur n'a cessé de s'améliorer et par ailleurs la consommation du poisson en Amérique du Nord s'accroît plus rapidement que la population.

Les perspectives immédiates de ce secteur sont brillantes, mais des difficultés pointent à l'horizon. Il est clair que le Canada peut encore augmenter le poids de ses captures, s'il choisit de le faire. Actuellement, nos prises sur la côte atlantique ne sont effectuées que dans les zones méridionales de notre plateau continental. En outre, on sait qu'il existe dans certains parages des espèces qui ne sont pas encore exploitées. Il demeure que, de toute évidence, on ne peut augmenter indéfiniment les captures. La productivité des populations naturelles de poissons est limitée. On estime que si l'évolution actuelle se maintient et s'il n'intervient pas de changements dans la technologie de la pêche, on pourra atteindre le maximum des prises dans le Nord-Ouest de l'Atlantique dans environ 15 à 20 ans. Cette période reste en deçà de la durée d'utilisation d'un nouveau navire. Ainsi, en vue de guider l'aménagement économique de la pêche de cette région, il est essentiel d'utiliser au mieux les sciences et la technologie de la mer afin de mesurer la productivité possible des eaux qui recouvrent nos plates-formes continentales. Les méthodes actuelles ne nous permettent pas d'effectuer des évaluations précises ni même de donner un ordre de grandeur. Les résultats que l'on peut ainsi obtenir sont évidemment de peu d'utilité pour la planification économique.

Un autre problème se pose en ce qui concerne le rendement de la pêche. Par le passé, l'expérience a montré que lorsque le poids total des captures d'une espèce particulière augmente, la production par unité de pêche décroît et la courbe des captures peut être représentée par une asymptote. On est parvenu à ce stade, sur la côte Est, dans le cas des gros poissons tels que la morue et l'aiglefin. Ainsi le renforcement des activités de pêche tend

à élever de plus en plus le prix du poisson. S'il n'y a pas d'espèces de remplacement, ou, au cas où elles existent, si les méthodes actuelles n'en permettent pas la pêche et qu'elles ne peuvent être commercialisées, on aboutit à un gaspillage d'activités économiques dans le secteur de la pêche. Une grande partie des négociations qui sont menées actuellement sur le plan international concernent ce problème et les pays qui ne disposent pas de moyens de pêche modernes exercent des pressions considérables pour que l'on restreigne l'ensemble des activités de pêche. Même au Canada, où l'on peut pêcher d'autres espèces et s'adresser à d'autres marchés, on peut craindre que les coûts de la production ne commencent à monter plus rapidement que ne le font en général les coûts de production dans tout le pays. De telles situations exigent une direction économique énergique, qui tiendrait compte des conditions biologiques des zones de pêche.

De toutes façons, il est nécessaire d'accroître l'efficacité de la pêche. De grands progrès ont été faits sous ce rapport dans l'Est du Canada, au cours de la dernière décennie. De plus, en Nouvelle-Écosse, dans le domaine de la pêche, le rapport entre les dépenses annuelles d'investissements et les bénéfices tirés de la production, atteint deux contre un environ. Généralement, dans l'industrie technologique moderne, on considère comme normal que ce rapport s'établisse aux environs de 3. Ainsi, il apparaît justifié d'investir davantage à des fins de modernisation pour augmenter l'efficacité des entreprises. Deux voies paraissent mener au succès. La première voie consiste à augmenter l'efficacité des instruments des navires de pêche pour la recherche du poisson. Les techniques modernes d'acoustique ont déjà été adaptées à la recherche du poisson et leur utilisation est efficace dans certains cas. Toutefois, l'évaluation quantitative des «échos» n'en est encore qu'à ses débuts, et jusqu'ici, on n'a pas réussi à accroître l'efficacité de la recherche du poisson par des évolutions des flottes de pêche. La seconde voie consiste à amé-

liorer les méthodes de pêche elles-mêmes. Il s'agit là d'une chose très difficile, qui nécessite la connaissance du comportement du poisson ainsi que celle du manie- ment des engins de pêche et des machines qui les actionnent. Par le passé, on n'a réalisé que peu d'études pour atteindre l'un ou l'autre de ces buts. Il semble, cependant, que la situation actuelle de la pêche justifie des travaux de recherches dans ces deux domaines scientifique et technologique.

Une tendance importante de la tech- nologie moderne est illustrée par le fait que les industries emploient de moins en moins de main-d'œuvre et de plus en plus d'équipement. L'urgence de tels progrès technologiques, dans le cas des pêches, se fera beaucoup plus sentir, si, comme nous le pensons, l'extraction du pétrole et du gaz se développe rapidement sur la côte. On doit entreprendre sérieusement d'automatiser les navires de pêche, dans le proche avenir. On pourrait trouver, pour de telles réalisations, des débouchés sur le marché intérieur aussi bien qu'à l'étranger.

On a indiqué que la situation décrite ci- dessus concerne essentiellement la pêche au large de la Nouvelle-Écosse. Elle s'ap- plique également à certains aspects de la pêche au large de Terre-Neuve, de l'Île du Prince-Édouard et du Québec. Cepen- dant, dans ces provinces, les frais sont plus élevés, en partie à cause de la glace d'hiver qui arrête la pêche pendant plu- sieurs mois au printemps, et, en partie, en raison du coût important des trans- ports. Par ailleurs, dans toutes les pro- vinces, et notamment à Terre-Neuve, un bon nombre de pêcheurs côtiers ne dispo- sent que d'engins primitifs. Ils ne bénéfi- cient pas des avantages dont jouissent ceux qui pratiquent la pêche au large, mais dont la vie est, toutefois, assez rude¹.

¹En 1967, le revenu moyen annuel d'un pêcheur de Terre-Neuve travaillant à plein temps s'élevait à 1 368 dollars; le chiffre correspondant était de 2 945 dollars dans les Maritimes et au Québec. En Colombie-Britannique, il était de 4 068 dollars. Ces chiffres constituent des moyennes pour la pêche côtière et hauturière. (Étude documentaire de M. Daneau, réalisée pour les besoins du présent rapport.)

La rationalisation de la pêche, dans cette région, est un problème crucial comportant de grandes difficultés; on note en particulier le manque des capitaux néces- saires pour moderniser l'équipement.

La situation est quelque peu semblable sur la côte Ouest, avec toutefois de nom- breuses différences, provenant en partie du fait qu'il s'agit surtout de la pêche du saumon, par ailleurs lucrative. Dans cette province, les revenus des pêcheurs sont plus élevés que dans l'Est du Canada. Il est à noter que les navires et les engins qui sont utilisés sont relativement peu coûteux. Il en est résulté un nombre trop important de bateaux, soit un gaspillage d'investissements dans l'industrie primaire, qui a eu pour effet de rendre inefficace la main-d'œuvre et les autres moyens de production. Malheureusement, le matériel utilisé dans ce cas ne convient pas à la pêche d'autres espèces, et le rendement a déjà atteint son plafond; on compte, cependant, sur une percée technologique pour accroître les montaisons de saumons. Là, comme à Terre-Neuve, la rationalisa- tion de la pêche est un problème préoccupant.

En outre, la situation en Colombie- Britannique présente deux aspects parti- culiers. En premier lieu, il existe, le long de cette côte, un certain nombre de parages de pêche pleins de promesses qui sont vigoureusement exploités par le Japon, l'U.R.S.S. et, à un moindre degré, par les États-Unis. Les pêcheurs cana- diens quand ils interviennent, ne jouent qu'un rôle minime. En second lieu, on constate que dans cette région, en raison du niveau de vie généralement élevé, de l'urbanisation assez intense, et de la pré- sence d'eaux assez bien abritées, la pêche sportive du saumon a pris une rapide expansion. Par poisson capturé, la valeur économique de la pêche sportive est certainement plus grande que dans le cas de la pêche commerciale où les captures sont vendues comme nourriture. Il semble que l'avenir de la pêche des espèces intéressant les pêcheurs ama- teurs, sera déterminée par l'orientation des loisirs.

Nouveaux produits de la mer et nouvelles méthodes d'exploitation

Au cours des dernières années, on a noté des changements notables de l'utilisation des produits de la pêche en mer. Certains produits, constituant traditionnellement un luxe, comme le homard, les huîtres et le saumon frais, ont vu leur valeur augmenter grandement par rapport aux produits plus communs. On peut ajouter à cette liste les crevettes, les crabes des neiges et les pétoncles. Par ailleurs, une bien plus grande proportion des prises des autres espèces est utilisée à présent pour nourrir le bétail et la volaille. Avant la Seconde guerre mondiale, 10 p. 100 (en poids) des captures mondiales étaient transformés en farine de poisson. En 1967, cette proportion dépassait 50 p. 100. Par ailleurs, la consommation du poisson congelé à vif est passée de zéro à 12 p. 100. La gamme des produits alimentaires s'est beaucoup élargie, de même que celle des prix. De plus, de nouveaux produits ont fait leur apparition. Les algues qui poussent abondamment dans les eaux tempérées de nos côtes sont utilisées dans les aliments, les produits de beauté et en pharmacie. Dans ce domaine, d'intéressantes perspectives sont ouvertes, mais l'industrie canadienne n'est pas encore assez bien équipée pour les exploiter. Par exemple, sur la côte Est, il existe une industrie primaire en expansion rapide de récolte des algues, mais celles-ci sont exportées à l'état brut. La valeur actuelle de cette industrie serait plus que doublée si on mettait au point une industrie de traitement. L'État devrait orienter ses activités, dans le domaine des sciences et de la technologie de la mer, en vue d'aider l'industrie à effectuer cette tâche (voir le chapitre VI).

Cependant, la culture en estuaire ou en baie est peut-être l'un des domaines qui présentent le plus d'intérêt. On peut aisément implanter l'élevage d'espèces constituant un luxe pour le consommateur dans les estuaires et les baies à l'eau peu profonde, notamment autour du golfe du Saint-Laurent, sur les côtes de Terre-Neuve et de la Nouvelle-Écosse, ou le

long du littoral de la Colombie-Britannique (par exemple la baie de Barkley). Il ne s'agit pas d'une idée utopique. En Nouvelle-Écosse, une société assure une production commerciale du saumon en ne faisant appel qu'à des méthodes de pisciculture¹. On prévoit que cette entreprise en produira 6 millions de livres par an. Le Canada, les États-Unis et l'Europe se partagent de façon à peu près égale le volume de ses exportations. Cette firme privée a assuré presque seule le succès de cette entreprise en utilisant des méthodes déjà connues et les avis des scientifiques du secteur public. Il fait peu de doute qu'il existe de nombreuses autres possibilités d'élever des huîtres, des homards, des crabes et une multitude de poissons, dont beaucoup pourront être des espèces exotiques. De récentes transplantations d'huîtres, de saumons et de homards ont montré que les espèces peuvent facilement survivre en dehors de leur habitat primitif. Plus récemment, on a commencé au Canada des recherches scientifiques sur les possibilités de cultiver les algues.

Dans ces domaines, d'importantes réalisations industrielles peuvent prendre place, en s'appuyant sur les résultats déjà obtenus par des recherches scientifiques. Il importe de faire connaître efficacement ces possibilités aux hommes d'affaires canadiens, et il faut développer ces industries de production. Pour que ces efforts réussissent, il faudra que l'État fournisse une aide accrue dans le domaine scientifique de l'éradication des maladies et dans celui de la production d'espèces présentant des caractères génétiques supérieurs. Actuellement, un très petit nombre de travaux scientifiques ont été effectués dans cette direction, en partie parce que le secteur privé canadien n'admet pas encore qu'il existe là un potentiel économique. Toutefois, ce genre de recherches demande beaucoup d'efforts, et beaucoup de temps. On doit l'encourager plus vigoureusement en prévision de la demande qui s'exercera.

¹Sea harvest and ocean science, fév.-mars 1970, p. 12-19.

Usage judicieux ou malavisé du milieu environnant

Un des traits les plus frappants de notre époque est l'éveil du public aux problèmes du milieu ambiant et son inquiétude au sujet des répercussions de l'activité humaine en ce domaine. Cet intérêt préfigure les attitudes de la société post-industrielle. Partout, les hommes politiques ont été pris à l'improviste et parfois il est bien visible qu'ils se trouvent déconcertés par ces pressions imprévues du public. Jusqu'ici, peu d'industriels se sont vraiment rendu compte qu'on ne considère plus le niveau de vie et la qualité de l'existence en fonction des biens acquis et des services obtenus. Les économistes s'efforcent encore, jusqu'ici sans trop de succès, de quantifier la valeur de l'air sain, de l'eau pure et du parfait silence pour leurs calculs de rentabilité.

Quelques ministères ont commencé à jouer un rôle actif et louable en éclairant l'opinion publique. Dans notre régime politique, ni l'homme politique, ni le fonctionnaire ne peut agir efficacement sans s'appuyer sur une opinion publique informée. Les scientifiques qui se livrent à l'étude approfondie de l'environnement, écologistes, météorologistes, océanographes et autres, se sont généralement réjouis de l'éveil soudain du public (et, disons-le, du rehaussement de leur propre importance). En même temps, ils sont consternés par le nombre de questions qu'on leur pose et auxquelles ils ne sont pas suffisamment en mesure de répondre. Malheureusement, quelques scientifiques, profitant de la pénurie de connaissances en ce domaine, se font prophètes de malheurs, ils savent qu'il n'existe guère de preuves solides permettant d'établir qu'ils ont tort, même si les arguments sur lesquels ils fondent leurs jérémiades sont faibles ou inexistantes. Le grand public a de la peine à faire la distinction entre ces soi-disant prophètes et les spécialistes bien informés qui s'efforcent d'inciter les autorités à prendre les mesures nécessaires pour résoudre les problèmes qui se posent réellement; certains de ceux-ci sont deve-

nus graves, du fait de notre inaction passée.

On doit associer à cet état général d'ignorance le fait que, par le passé, ni le gouvernement fédéral, ni les gouvernements provinciaux n'ont beaucoup encouragé les études sur le milieu ambiant, et que celles-ci n'ont pas été menées avec la vigueur qu'elles méritaient. Il faut ajouter que ces études se heurtent à des difficultés immenses. L'ignorance actuelle ne sera pas dissipée facilement ni rapidement.

Le bilan du rayonnement de la Terre

Afin d'illustrer l'immense complexité des problèmes que doivent résoudre les sciences du milieu ambiant, on peut citer la question importante du bilan du rayonnement de la Terre.

Actuellement, la température moyenne à la surface de la Terre est d'environ 288°K (59°F). Sa stabilité dépend de l'équilibre entre le rayonnement de la Terre vers l'espace, et l'énergie solaire qu'elle absorbe. Toute modification d'un de ces deux facteurs produira un nouvel équilibre thermique, donnant une température moyenne plus ou moins élevée que celle qui règne actuellement.

Une chute de 2 ou 3 p. 100 de la température à la surface de la Terre causerait une avance de la calotte polaire dans tout le Canada. Une hausse de 2 ou 3 p. 100 entraînerait la fonte des calottes glaciaires du Groënland et de l'Antarctique ainsi qu'une forte élévation du niveau de la mer. Ces deux phénomènes se sont déjà produits au cours de l'histoire géologique. L'un ou l'autre pourrait se renouveler.

Le bilan du rayonnement, qui détermine en grande partie la température, dépend d'un grand nombre de facteurs. En premier lieu, et c'est sans doute le facteur le plus important, il faut citer l'albédo, à savoir la proportion de lumière solaire qui est réfléctée dans l'espace. L'albédo dépend lui-même de plusieurs facteurs, dont le principal est la nébulosité; les magnifiques photographies qui ont été prises à partir de l'espace en témoignent abondamment. Toutefois, il existe d'autres

facteurs qui sont loin d'être négligeables. Les propriétés de la neige propre en sont un exemple remarquable. Au point de vue de rayonnement, la neige a des effets importants. Elle est quasi blanche dans la partie visible du spectre, montrant qu'elle reflète la plus grande partie du rayonnement solaire visible. Elle se comporte presque comme un corps noir dans la région infrarouge du spectre, et ainsi elle rayonne fortement la chaleur.

Le phénomène peut-être le plus important après le rayonnement thermique du soleil, qui nous parvient directement, est l'absorption de ce rayonnement par les poussières du fait de la pollution de l'air. Des études récentes attribuent les changements climatiques survenus pendant les grandes périodes de notre histoire à des variations de la teneur en poussières de l'atmosphère, causées principalement par les éruptions volcaniques.

Le comportement du rayonnement issu de la Terre est d'une égale importance. Il est très fortement influencé par l'«effet de serre» produit en grande partie par le gaz carbonique. Ce dernier se laisse traverser par presque toutes les radiations venant directement du soleil, mais, comme le verre, il empêche les rayons infrarouges de s'échapper et il tend ainsi à conserver la chaleur près de la surface du sol.

Les activités de l'homme influent sur tous ces phénomènes. Du fait de leur consommation de carburant, les avions qui volent en haute altitude produisent de la vapeur d'eau, là où elle est en quantité très faible. Des nuages se forment, qui n'existeraient pas autrement. Ces avions, et tous les genres d'activité industrielle ajoutent aux fumées de l'atmosphère, réduisant ainsi le rayonnement qui atteint la surface de la Terre. Par ailleurs, cette même poussière, en retombant, réduit l'albédo de la neige, et accélère sa fonte.

Les combustibles fossiles que l'homme brûle produisent de grandes quantités de poussières et de gaz carbonique. Par ailleurs, l'eutrophisation provoquée également par l'homme entraîne une diminution de l'acide carbonique. Il existe des preuves que des polluants comme le DDT

ont une action opposée dans l'océan. Les modifications introduites dans les méthodes agricoles influent aussi sensiblement sur le dégagement et l'absorption du gaz carbonique (ainsi que sur l'albédo). L'océan contient environ soixante fois plus de gaz carbonique que l'atmosphère, et on peut espérer que, grâce à lui, les variations de la teneur en gaz carbonique de l'air seront amorties. Cependant, l'océan paraît avoir une constante de temps de l'ordre du millier d'années; c'est pourquoi les eaux océaniques ne pourront absorber le gaz carbonique excédentaire en un temps suffisamment court, compte tenu de la vitesse de création de ce gaz. En raison du grand nombre des facteurs et des lacunes importantes de nos connaissances, on ne peut expliquer actuellement de façon précise et sûre l'augmentation du taux de gaz carbonique que l'on constate dans l'air.

On ne voit pas clairement si la combinaison des activités actuelles de l'homme tend à élever ou à abaisser la température à la surface de la Terre. Par ailleurs, on voit mal quels seraient les effets d'une combinaison différente. Nous ne pouvons nous référer à des observations concernant les changements de cette température (qui a baissé quelque peu au cours des deux dernières décennies, après une élévation continue au cours du siècle dernier). L'ensemble atmosphère-océan semble engendrer, de lui-même et sans l'intervention de l'homme, des fluctuations plus grandes que celles que nous avons connues récemment. Cependant, les possibilités de vie sur notre planète, et notamment dans notre pays, dépendent du bilan de rayonnement. Il est clair que nous avons les moyens de modifier ce dernier. Il nous faut savoir ce que nous faisons.

Ce n'est pas l'an prochain que nous atteindrons le niveau des connaissances nécessaires. Il faudra du temps, des efforts et de l'argent—et que se crée une collaboration sur le plan international. Heureusement, pour chacune des sciences dont nous traitons ici (l'écologie de la mer, la météorologie et l'océanographie physique) les recherches nécessaires peuvent dé-

boucher sur des utilisations multiples et le plus léger progrès sera profitable bien avant que nous n'atteignons notre objectif, qui est de parvenir à une compréhension globale.

À mesure que progressera l'écologie de la mer, nous serons plus à même d'établir la meilleure réglementation possible pour protéger les populations de poissons. Nous serons également mieux informés sur les effets de la pollution et la façon de les atténuer. À mesure que progressera la météorologie, nous pourrons faire de meilleures prévisions. Comme on estime actuellement que le rapport avantages-coûts des services météorologiques est de l'ordre de vingt contre un¹, on peut escompter que les dépenses qui seront engagées pour améliorer les prévisions ne seront pas inutiles. À mesure que progressera l'océanographie physique, on pourra mieux prévoir les conditions de la mer, si importantes pour des activités aussi diverses que la défense nationale, la marche des navires, les prévisions d'englacement et la pêche.

Ces problèmes ne sont pas *uniquement* canadiens, mais ils concernent le Canada. Notre pays a intérêt à rechercher leur solution, au moins autant que n'importe quelle autre nation. Il a apporté sa contribution dans ce domaine et continuera de le faire. Dans la plupart, sinon dans tous les cas, cette contribution peut se faire grâce à des programmes qui, par ailleurs, intéressent directement le Canada.

Études du milieu en haute mer

Si l'on compare les activités des océanographes canadiens avec celles des océanographes de tout autre pays ayant atteint un degré élevé de compétence dans cette science, on constate que nos spécialistes n'ont consacré qu'une faible partie de leur temps et de leurs efforts à des expéditions lointaines. On peut comprendre cet état de choses, qui sans doute se maintiendra, si l'on considère que nos ressources humaines et financières sont limitées. Nous avons pourtant de grandes respon-

sabilités à assumer en raison de la grande longueur de notre littoral. Quoi qu'il en soit, pour plusieurs raisons, le Canada doit participer activement aux travaux d'océanographie en haute mer. On doit absolument se rendre compte que l'on ne peut étudier les eaux des plates-formes continentales canadiennes sans considérer les influences qu'exercent sur elles les océans dont elles font partie. De plus, des processus océaniques qui ont lieu dans des zones proches du rivage ont une très grande influence sur le comportement de l'océan et de l'atmosphère. Voici quelques-uns des problèmes qui doivent retenir l'attention des océanographes canadiens :

1. La confluence du Gulf stream et du courant du Labrador. Les théories des océanographes donnent une médiocre explication de l'afflux des courants dans la partie ouest des océans. Elles ont encore moins de succès pour décrire leur dissociation et leur dérive vers l'est. On sait que les zones où ont lieu ces phénomènes montrent des fluctuations extrêmes de toutes les variables océanographiques et que les masses d'eau s'y mélangent énergiquement. C'est dans ces zones que généralement l'on pêche abondamment. L'une des plus importantes d'entre elles se trouve au sud-est de la Nouvelle-Écosse et au sud des Bancs de Terre-neuve. Il s'agit là d'une région, qui, à coup sûr, intéresse les Canadiens et elle doit retenir l'attention des océanographes de la région d'Halifax et de Dartmouth.

2. La circulation des eaux due aux différences de salinité et de température. Bien que la plupart des courants de surface des océans semblent actionnés par le vent, certains des mouvements les plus profonds et les plus importants résultent du fait que l'océan lui-même se comporte comme une machine thermique. L'eau se refroidit aux hautes latitudes, puis elle s'enfonce et circule en profondeur, remplissant les grands bassins océaniques. D'une façon qui n'est pas encore bien éclaircie, cette eau profonde se mélange avec l'eau de surface réchauffée, avant de retourner à de hautes latitudes, à un niveau proche de la surface. Parfois, ce

¹M. Daneau, étude documentaire réalisée pour les besoins de ce rapport.

cycle dure un millier d'années ou plus. Dans l'océan Atlantique, l'une des sources importantes de cette eau froide profonde semble se trouver dans la mer de Norvège. Il semble que, par intermittences, un courant d'eau froide profonde passe de cette mer dans l'Atlantique, en passant au-dessus de la crête sous-marine entre le Groënland et l'Islande. La nature de cette transgression est très importante pour la physique océanographique et elle a une influence sur des caractéristiques aussi diverses que la teneur en oxygène des eaux profondes de l'Atlantique et la capacité que possède l'océan d'absorber l'excédent de gaz carbonique de l'air. L'Institut Bedford est particulièrement bien placé pour étudier ce phénomène, en raison de sa situation géographique et parce qu'il possède de grands et magnifiques navires de recherches permettant d'effectuer des travaux dans les conditions très dures qui sévissent dans ces zones.

Les scientifiques canadiens se trouvent également dans une situation privilégiée pour étudier les processus de mélange des eaux. Cela ne résulte pas spécialement de conditions géographiques favorables, mais du fait qu'au Centre des recherches pour la défense dans le Pacifique, on a mis au point, pour d'autres raisons, de splendides moyens technologiques inégalés dans le monde afin d'examiner ces phénomènes. Non seulement les mélanges déterminent-ils la nature de la circulation des eaux, compte tenu de leur température et de leur salinité, mais ils constituent les mécanismes permettant de fertiliser à nouveau les eaux de surface. Les couches supérieures des eaux s'appauvrissent en éléments nutritifs, à mesure que les organismes meurent et s'enfoncent, mais en retour elles s'enrichissent par les remontées d'eaux profondes. Ainsi, les phénomènes de mélanges, à la fois dans l'espace et le temps, ont une profonde importance du point de vue écologique.

3. La barrière subarctique dans le Nord-Est du Pacifique. On peut diviser à peu près les eaux du Pacifique-Nord en deux zones Sud et Nord au moyen d'une ligne que Tully appelle la barrière

subarctique du Pacifique. Au Nord de cette ligne, les eaux de surface sont beaucoup plus froides et moins salées qu'elles ne le sont au Sud. Les écosystèmes des deux masses d'eaux diffèrent totalement. Dans la zone Nord, dominent les espèces différentes du saumon du Pacifique, alors qu'on trouve dans les eaux du Sud le germon du Pacifique. Les deux masses d'eau s'interpénètrent peu, mais la ligne se déplace notablement d'une année à l'autre. Il semble que ces variations affectent les migrations du saumon du Pacifique. Il apparaît également que la répartition de ces masses d'eau, en surface, a des effets très importants sur le climat de tout l'hémisphère Nord.

Le navire météorologique canadien affecté à la «Station Papa» occupe une position stratégique dans cette zone. Grâce à ce navire, les scientifiques du Groupe océanographique du Pacifique, de l'Office des recherches sur les pêcheries, ont obtenu la plus longue série de données existantes sur l'océanographie de la haute mer. Pour les théoriciens de toutes les parties du monde, les données de la station Papa constituent une source majeure d'informations suivies. Par conséquent, les Canadiens sont très bien placés pour entreprendre l'étude systématique des variations chronologiques de cette importante partie de l'océan. Le centre océanographique de la côte pacifique se doit manifestement de se livrer à cette tâche et d'examiner les répercussions possibles sur les conditions climatiques et la pêche dans le Pacifique Nord.

L'interaction entre l'atmosphère et la mer

Comme il ressort de nombreuses parties de ce rapport, nous estimons que, dans une grande mesure, l'on doit considérer l'océan et l'atmosphère comme un ensemble complexe. Ces deux éléments réagissent à leur contact mutuel. Ce phénomène a déjà été activement étudié au Canada, particulièrement à l'Université McGill et à celle de la Colombie-Britannique, ainsi qu'à l'Institut Bedford. Même si les connaissances dans ce domaine se sont largement développées depuis dix

ans, il reste beaucoup à apprendre. Ces travaux sont indispensables pour la réussite du Programme de recherches sur l'atmosphère globale le Canada doit continuer sa contribution à cette grande entreprise internationale. De plus en plus, il faudra utiliser des aérodynes porteurs d'instruments; par ailleurs, les liaisons entre les divers organismes poseront des problèmes. Nous traitons brièvement de ces derniers au chapitre VI.

Les études sur les interactions à grande échelle entre l'air et la mer, dans l'espace et le temps, n'on pas progressé au Canada autant que les travaux sur les micro-climats. Il s'agit là sans doute d'un domaine d'avenir qui revêt une importance spéciale pour le Canada. C'est grâce à des études de ce genre que l'on pourra peut-être prévoir l'épaisseur de la couverture nivale, ou la sécheresse anormale de l'été dans les Prairies. Pour que ces travaux soient efficaces, les météorologues et les océanographes devront collaborer étroitement. Une telle tâche est toute indiquée pour les universités.

On pourrait aussi constituer un petit groupe de représentants de ces deux spécialités au sein d'un laboratoire de l'État. Il y aurait beaucoup à dire sur la nécessité de faire des prévisions à long terme, même si, au début, leurs fondements sont fragiles, ou, au pire, inconsistants. Si l'on veut obtenir de véritables prévisions, il faut que les scientifiques concernés examinent les effets de tous les phénomènes qu'ils connaissent et qu'ils formulent des évaluations quantitatives. Tel est le principe qui inspire les prévisions faites trente jours à l'avance par le Bureau météorologique des États-Unis. Pratiquement, ces prévisions sont sans valeur, mais le genre d'informations qu'elles utilisent révèle ce qui est nécessaire si l'on veut finalement se livrer à des prévisions valables. Nous ne préconisons pas d'attaquer en force ce problème, mais plutôt de mettre sur pied un groupe de trois ou quatre personnes pouvant avoir facilement accès à un bon ordinateur. Il faudrait empêcher ces chercheurs de s'isoler dans une tour d'ivoire, où ils ne considéreraient pas les réalités

mais seulement les résultats de l'ordinateur. Ces personnes devraient être en liaison constante avec les météorologues des stations et les océanographes qui se livrent aux observations physiques.

Plus que tout autre océan, c'est le Pacifique qui exerce la plus grande action climatologique directe sur le Canada; aussi proposons-nous que le groupe en question opère à partir du laboratoire DEMAR en cours de création sur la côte Ouest. Nous estimons que l'Université de la Colombie-Britannique a le devoir de former des compétences dans ce domaine.

Études de dépollution

Nous avons examiné auparavant l'ensemble complexe océan-atmosphère du point de vue écologique. Comme nous le savons déjà, quand l'homme rejette des substances dans ce milieu (qu'il le pollue) il déclenche une série de réactions interdépendantes. Parfois, ces réactions sont simples et localisées. Plus souvent, on dirait qu'elles déclenchent des changements compliqués et non proportionnels qui se propagent et peuvent s'amplifier de façons inattendues. Souvent, le «bon sens» n'est pas de grande utilité.

Le déversement des *eaux d'égout* dans l'eau de mer, une forme manifeste de pollution, est devenu une préoccupation dont l'importance n'est pas justifiée. C'est surtout l'esthétique qui en souffre. Cet aspect du problème est très important et, à juste titre, il attire l'attention du public. Mais il importe de ne pas le confondre avec une menace pour la santé. À ce point de vue, le danger est généralement minime.

L'émiettement des solides des eaux résiduaires constitue une solution à ce problème d'esthétique. La stérilisation de ces dernières exige un traitement chimique beaucoup plus coûteux. On peut aggraver beaucoup la situation si l'on ne fait pas la distinction. Par exemple, on ne voit pas pourquoi on ne permettrait pas aux navires de déverser leurs déchets émiettés dans les eaux côtières, à condition qu'ils ne le fassent pas trop près du rivage. On peut tenir le même raisonnement au sujet

des eaux résiduares des petites agglomérations côtières, bien que, dans ce cas, l'éloignement du rivage soit plus difficile à réaliser. La situation du Canada est particulière, du fait que ses grandes conurbations sauf Vancouver, ne se trouvent pas près de la mer. Les problèmes ne sont pas causés par le déversement massif d'eaux d'égouts traitées dont le principal effet néfaste est l'eutrophisation; il s'agit plutôt d'un grand nombre de rejets relativement faibles d'eaux sales, insuffisamment ou nullement traités. Ces eaux résiduares ne proviennent pas seulement des agglomérations situées sur les côtes, mais aussi des zones touristiques et des navires de tout genre. Comme nous l'avons dit, il est aisé d'exagérer les dangers d'une telle pollution.

L'eutrophisation pose moins de problèmes dans l'eau de mer que dans l'eau douce, en raison de l'action nettoyante des marées et de la présence d'une grande quantité d'éléments nutritifs auxquels les organismes vivants sont déjà adaptés. Néanmoins, le sort récent du fjord d'Oslo montre que ce problème peut se poser dans un milieu marin. Il demeure qu'il n'y a pas lieu de s'alarmer immédiatement à ce sujet, sinon pour la région autour de Vancouver, et peut-être celle d'Halifax et de Dartmouth. Il faudra prendre de grandes précautions dans ces zones. On devra y appliquer le genre de remèdes envisagés pour les eaux intérieures.

La série récente des grandes catastrophes qui ont causé une *pollution pétrolière*, dans le cas du «Torrey Canyon», de Santa Barbara et de l'«Arrow», ont fortement préoccupé le public, à juste titre. À notre avis, il faut admettre qu'il n'existe pas de moyen d'empêcher radicalement les catastrophes de ce genre, à moins d'interdire le transport et l'utilisation du pétrole en mer ou à proximité de celle-ci. La revue *Time* signale qu'au cours des cinq dernières années, 94 pétroliers ont sombré et que deux abordages ont eu lieu chaque semaine.

Puisque nous ne pouvons pas empêcher ces accidents, nous devons nous préparer à y remédier. L'augmentation de la taille

des pétroliers, qui peuvent atteindre aujourd'hui 350 000 tonnes, et la perspective de l'utilisation de grands sous-marins pour le transport du pétrole, nous avertissent que nous devons nous préparer à lutter, à l'improviste, contre l'épanchement d'énormes quantités d'hydrocarbures.

Malheureusement, la catastrophe canadienne de l'«Arrow» a montré que nous ne savons pas encore comment combattre les épanchements de mazout de cette importance, notamment en eau froide. Et il faut noter que l'«Arrow» était un petit navire, selon les normes modernes! Nous savons depuis plusieurs années que de telles catastrophes se préparent. Mais rien n'indique que nous soyons prêts à les affronter. En cas d'alerte, l'application d'une série de mesures *spéciales*, improvisées par des équipes rassemblées à la dernière minute, ne constitue pas une solution suffisante. Nous avons besoin dès maintenant d'un programme à objectif utilitaire visant à rassembler une équipe d'experts prêts à agir immédiatement.

On peut espérer que des catastrophes de ce genre seront rares et en des lieux éloignées les uns des autres dans les eaux canadiennes. Il ne serait pas raisonnable de maintenir en alerte, partout où de tels accidents pourraient se produire, un personnel chargé uniquement de lutter contre les effets catastrophiques. On a besoin d'un organe ressemblant plus à la section de pompiers bénévoles d'une petite ville qu'au corps de sapeurs-pompiers d'une grande cité. La plus grande partie du personnel requis doit pouvoir accomplir d'autres tâches. Mais, une fois encore, nous ne devons pas faire appel à des solutions non éprouvées, quand un problème se pose. Notre «équipe de dépotrolage» doit être entraînée. Il faut mettre au point, à l'avance, les méthodes adéquates permettant de lutter contre les différents genres d'épanchements d'hydrocarbures, et le personnel requis doit recevoir une formation préliminaire. On doit entreposer le matériel voulu et l'entretenir convenablement. On devra disposer des moyens de transport nécessaires, de sorte que

le matériel et le personnel désirés puissent être amenés rapidement sur les lieux. Il faudra notamment trouver, à brève échéance, des méthodes permettant de remédier aux épanchements de pétrole dans l'Arctique.

L'équipe de dé pétrolage à laquelle on pense pourrait très avantageusement relever, du moins en partie, des forces armées. Après tout, l'armée doit se tenir prête à remédier aux catastrophes que chacun peut craindre, et cette tâche entre-rait dans le cadre de ses principes. Elle devra effectuer une mobilisation très rapide des moyens d'action, suivie du transport aérien des éléments essentiels du matériel destiné aux zones sinistrées, qui peuvent être très éloignées des agglomérations. Ce processus ressemble beaucoup à ceux qui sont utilisés dans les autres activités de l'armée. Il faut aussi noter que l'acquisition par notre équipe d'une compétence en dé pétrolage pourrait lui permettre d'aider les pays étrangers, ce qui présenterait un très grand intérêt.

Certes, les grands épanchements de pétrole sont spectaculaires, mais on a montré¹ que les opérations ordinaires, telles que le pompage des cales et le nettoyage des réservoirs de carburant, sont responsables de plus de pollution pétrolière que les catastrophes maritimes. On estime maintenant qu'il est inacceptable de rejeter à la mer le pétrole ou l'eau teintée de pétrole, surtout près des côtes. Malgré les nombreux règlements en vigueur, des dégâts sont encore causés de temps en temps par des capitaines de navire négligents ou entêtés. On ne peut nier que les cales doivent être pompées, ni que les réservoirs de carburants doivent être nettoyés. Le problème est de savoir comment et où il faut le faire. Le Canada pourrait montrer l'exemple en dotant les ports des moyens nécessaires et en mettant en vigueur les règlements nécessaires pour empêcher que ces opérations aient lieu en mer. Notre esprit d'invention est certainement assez grand pour nous permettre de concevoir les techniques grâce

auxquelles on se débarrassera du pétrole sans polluer l'océan; cette tâche devrait être entreprise par l'un de nos établissements de recherche ou de développement technique. Si nous pouvons trouver des solutions raisonnables aux problèmes posés, la plupart des pays du reste du monde adopteront certainement les règlements exigeant l'application de ces solutions; par suite, nos inventions pourront être vendues à l'étranger.

En ce domaine comme partout, il est nécessaire de garder le sens des proportions. Dans un article publié récemment dans plusieurs journaux, on trouvait la déclaration suivante: «Si un pétrolier géant allant, par exemple, du Vénézuéla en Grande-Bretagne, causait une catastrophe à 100 milles des côtes, cela pourrait détruire en quelques jours² une grande partie des ressources halieutiques de Terre-Neuve».

Si cette affirmation était exacte, nous devrions interdire immédiatement la circulation des gros pétroliers dans cette zone et prendre des mesures draconiennes pour faire respecter cette interdiction. Songeons qu'il s'agit des eaux où les navires qui suivront la route du «Manhattan» feront la navette!

Heureusement, cette déclaration est erronée. Le pétrole qui serait alors répandu couvrirait une zone affectant la forme d'un carré dont le côté atteindrait cinquante milles; l'épaisseur du film serait de l'ordre 0.05mm (mettons 300 000 T). Le gâchis serait considérable, si l'on considère que d'ordinaire, lorsqu'on voit une pellicule de pétrole à la surface de l'eau, son épaisseur est dix fois moins grande. Un grand nombre d'oiseaux de mer mourraient. Certaines plages seraient souillées. Cependant, le pétrole disparaîtrait de la surface de la mer en deux semaines, et ce que nous savons indique que les ressources halieutiques resteraient absolument intactes.

Nous estimons que le gouvernement

²Nous ne mentionnerons pas le nom de l'auteur car sa remarque n'est pas pire que beaucoup d'autres. Nous le communiquerons à ceux qui voudront le connaître.

¹Wall Street Journal, 26 novembre 1969.

fédéral a la responsabilité d'empêcher la pollution industrielle du milieu, d'établir une réglementation juste et pratique et de l'appliquer de façon ferme et équitable. Nous proposons de suivre les principes suivants, qui vont un peu au-delà du contenu implicite du projet de la loi sur les eaux du Canada:

1. Quand des intérêts privés soumettront une demande en vue d'obtenir un permis pour construire et exploiter une usine, ils devront préciser la nature de l'effluent qui sera rejeté.

2. Dans le cas de toute opération industrielle devant produire un effluent qui s'écoulera dans la mer, un organisme fédéral approprié, de préférence l'Office des recherches sur les pêcheries, devrait déterminer les caractéristiques admissibles des eaux résiduaires de l'usine; le débit, l'horaire et les caractéristiques chimiques des eaux résiduaires devraient être également précisés.

3. Les organismes fédéraux devraient s'assurer que la menace de dégâts pouvant être causés par cet «effluent agréé» reste en deçà de limites peu élevées et acceptables (dans de nombreux cas, on ne pourra étayer scientifiquement cette étude; on devra alors utiliser les meilleurs renseignements disponibles pour parvenir à une décision «technique»).

4. L'industrie aura la responsabilité de surveiller la composition de son effluent et de veiller à ce qu'il demeure conforme aux normes convenues. L'État pourra effectuer toutes les vérifications nécessaires dans toute usine rejetant des eaux résiduaires, afin de s'assurer que les normes sont respectées.

5. Les exploitants d'une usine ne devraient être responsables d'aucun dommage causé par un «effluent agréé». Si l'organisme fédéral faisait une évaluation erronée et que des dommages s'ensuivent, l'État serait responsable (des déboires surviendront, car on ne peut prévoir toutes les interactions écologiques). Naturellement, l'autorité responsable aurait droit de modifier unilatéralement les caractéristiques de l'«effluent agréé» s'il apparaissait que les critères antérieurs

étaient erronés, et les usines devraient alors prendre des mesures appropriées en vue du bien commun.

6. On infligerait des amendes pour pénaliser toute infraction aux normes «agréées»—qu'il s'agisse de la composition, du débit ou de l'horaire du rejet d'eaux résiduaires. Le montant des amendes devrait augmenter rapidement à mesure que se répéteraient les délits, afin qu'elles ne constituent pas de simples licences de pollution. Ces amendes pourraient être infligées même si aucun dommage n'a été causé. Les sociétés auraient le droit de présenter des arguments tirés d'études scientifiques, et de demander la modification des normes agréées, quand celles-ci leur paraîtraient trop restrictives.

7. La société exploitant une usine devrait être tenue entièrement responsable, pécuniairement, de tout dommage causé par un effluent qui ne suivrait pas les normes «agréées».

Les services fédéraux ne devraient pas avoir à examiner le fonctionnement d'une usine afin de déterminer les sources possibles de pollution. Cela devrait être la responsabilité de la direction de l'usine. Toutefois, les services fédéraux devraient connaître en détail son fonctionnement et les polluants qui pourraient se trouver dans les eaux résiduaires. Par ailleurs, les exploitants de l'usine ne devraient pas à avoir à étudier les effets des effluents industriels sur le milieu vivant. Cette tâche a trop de ramifications. Il n'est pas possible de prévoir ni d'examiner *tous* les facteurs pouvant influencer l'écologie. L'État devrait étudier en permanence les effets des polluants sur les différents écosystèmes. Les chercheurs des universités sont particulièrement aptes à résoudre de tels problèmes; aussi, l'État pourrait-il assumer, en grande partie, la tâche qui lui revient en accordant des subventions appropriées aux équipes de recherche universitaires.

Les chercheurs universitaires pourraient aussi se livrer à une étude intensive des effets des *polluants biochimiques*, notamment de ceux qui peuvent s'accumuler et se trouver concentré dans un maillon de

la chaîne trophique. Il faudrait, en particulier, examiner attentivement les dommages causés à long terme par des doses non mortelles de divers produits chimiques. On devrait accorder plus d'attention qu'auparavant aux essences sans antidétonant à base de plomb. Comme nous l'avons signalé, la présence de cet additif a entraîné une augmentation énorme de la teneur en plomb des couches supérieures de l'océan; ce phénomène a des effets inconnus mais peut-être importants.

Les problèmes que pose la pollution sont multiples et variés, et nous ne pouvons signaler que quelques aspects particulièrement importants de la question.

De nombreuses sortes de pollutions nous sont familières depuis si longtemps qu'elles n'attirent pas notre attention, même si le public a témoigné un grand intérêt récemment pour ces problèmes. Citons, en particulier, la pollution de l'eau par le bois flotté. Ce problème est particulièrement grave sur la côte pacifique, où il est connu depuis si longtemps qu'il paraît être dans l'ordre naturel des choses. Dans les eaux du détroit de Géorgie, les troncs dont le diamètre atteint parfois deux pieds et plus, et la longueur quarante pieds, présentent un danger réel pour les embarcations et une gêne appréciable pour les navires. Les troncs submergés (presque complètement imbibés d'eau et prêts à couler) empêchent l'utilisation des hydroptères dans le détroit. Ces engins sont largement utilisés sur des étendues d'eau ailleurs dans le monde, et ils pourraient se révéler très économiques. Le Canada, à grands frais, a mis au point une technologie avancée des hydroptères très rapides; il est regrettable que l'on ne puisse les utiliser dans l'une des régions où cette technologie serait très profitable.

Un grand nombre de troncs s'échouent finalement sur les plages. Quand il est en quantité limitée, ce bois flotté est presque une attraction; mais on le trouve en trop grande abondance pour qu'il puisse présenter un intérêt touristique. Sur les plages où l'on se baigne, il faut se débar-

rasser des troncs. Ordinairement, on les entasse et on les brûle, non sans pollution de l'atmosphère. Il faut donc mettre au point des techniques efficaces de récupération du bois flotté. Un programme bien conçu pourrait être très rémunérateur, car ce matériau possède une certaine valeur, surtout s'il n'a pas séjourné trop longtemps dans l'eau. Le Conseil de recherches de la Colombie-Britannique pourrait fort bien entreprendre ces travaux.

On doit faire preuve de quelque subtilité en étudiant le problème de la pollution. L'opinion selon laquelle nous ne devons rien rejeter dans l'océan n'est pas plus valable que celle qui soutient que l'océan est trop vaste pour être affecté par une action quelconque de l'homme. Ainsi, rien n'interdirait de se débarrasser des carcasses d'automobiles qui défigurent notre paysage en les rejetant dans la mer; cela n'aurait pas de conséquence nuisible (Il pourrait même en résulter un bien! On pourrait constituer des récifs artificiels qui serviraient aux populations de poissons et de homards). Par ailleurs, l'océan est vraiment capable, par ses propres moyens, de faire disparaître la pollution par des eaux résiduelles. Nous devons nous assurer, avant tout, que les possibilités de dilution sont suffisantes, de façon à ne pas les surestimer dans le cas des faibles étendues d'eau. On peut ajouter à la mer de nombreux matériaux inorganiques sans produire aucun effet, pourvu, une fois de plus, que la dilution soit suffisante. D'un autre côté, comme on l'a signalé, il existe des substances dangereuses, même en concentrations minimales. Il faut déterminer lesquelles et ne jamais les jeter à la mer.

Dans un rapport¹ du secrétaire général de l'ONU, présenté en mai 1969, nous trouvons l'avertissement suivant:

«76. Dans beaucoup de pays, il existe un grand nombre de lois portant sur certains aspects de la protection du milieu ambiant. Mais, dans la plupart des cas, cette législation s'est accumulée au cours

¹Problèmes de l'environnement humain, E/4667, 26 mai 1969.

de l'histoire du pays et elle n'est plus adaptée aux conditions actuelles. Elle est fragmentaire, ne tient pas compte des interactions des facteurs ambiants et elle n'est pas soutenue financièrement par l'État, ce qui la rendrait plus efficace. Dans de nombreuses régions, l'exploitation et la protection rationnelles des ressources sont entravées par des lois archaïques, où interviennent des droits désuets sur les terres et les eaux. Généralement, on considère que réglementer le domaine de l'environnement restreint, de façon injustifiée, l'action de l'homme, et l'on ne comprend pas que cela joue un rôle essentiel pour l'exploitation rationnelle et continue des ressources».

Il faudra examiner attentivement la législation canadienne pour voir si cette critique lui est applicable.

Dans le même document, on trouve l'opinion suivante: «48. Bien que la Convention internationale pour la prévention de la pollution pétrolière de la mer existe depuis 1954, ce genre de pollution demeure un problème majeur, et les autres formes de pollution également dangereuses ne sont encore que peu ou nullement réprimées».

Le Canada pourrait montrer l'exemple en proposant d'autres conventions internationales en ce domaine.

En dépit d'objections présentées par le Canada, la «Conférence juridique internationale sur les dommages dus à la pollution des eaux de mer»¹ est convenue récemment de recommander aux États de réduire à 14 millions de dollars le montant maximal de la responsabilité pécuniaire des armateurs de pétroliers, dans le cas de dommages causés par un épanchement de pétrole. Il est probable qu'une telle catastrophe, se produisant dans l'Arctique, causerait des frais bien plus lourds pour y remédier. Le Canada a un droit de contrôle sur les mouvements des navires dans ces eaux. Peut-être doit-il en profiter

pour augmenter la responsabilité des armateurs des pétroliers qui y circulent.

Loisirs

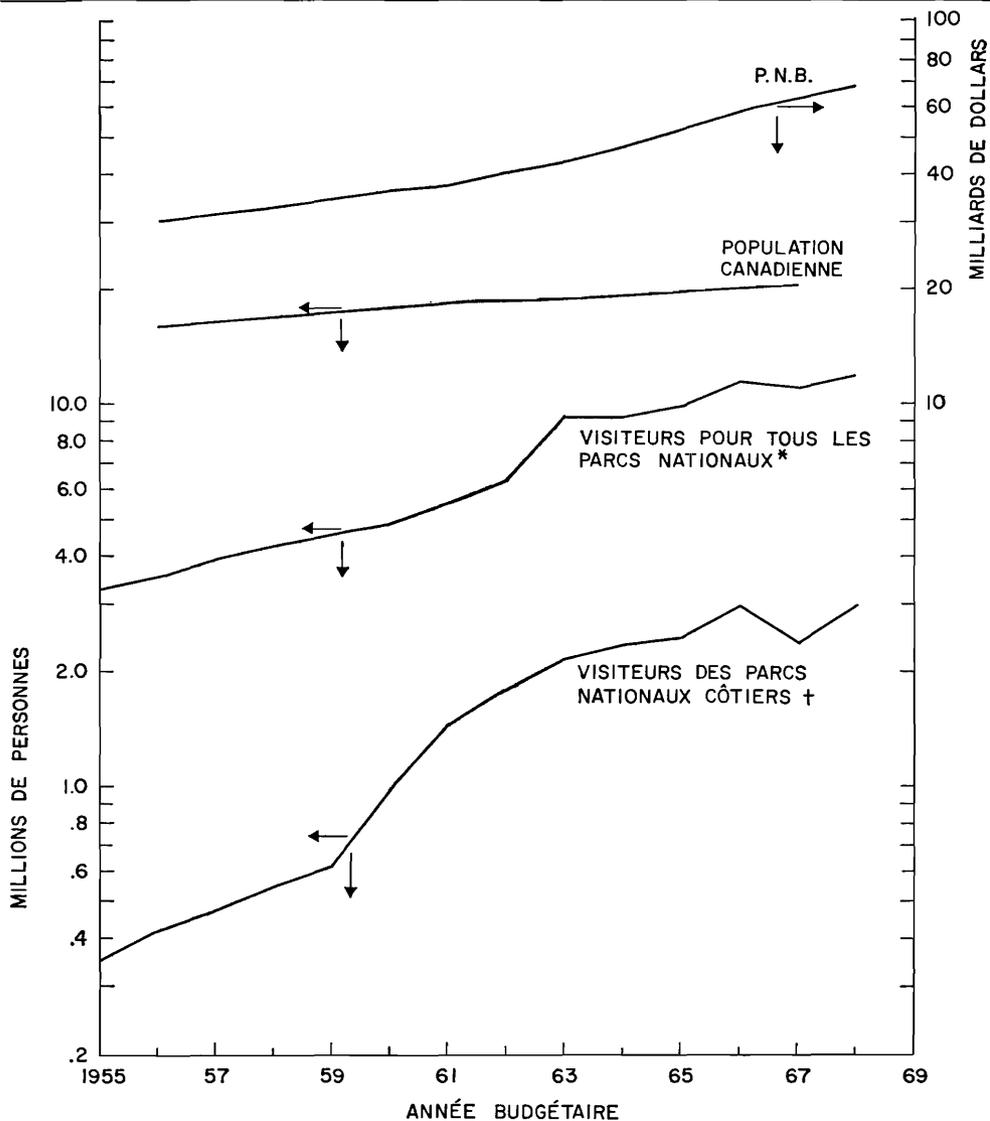
Si l'on passe de la détérioration du milieu à sa bonne utilisation, il faut citer en premier lieu les loisirs. Ils constituent une activité économique dont les perspectives de croissance soutenue sont inégales. La figure n° IV.2 montre que le taux de croissance du nombre de visiteurs dans les parcs nationaux dépasse de beaucoup celui de la population et approche de celui du PNB. Comme les dépenses par personne augmentent également, le chiffre d'affaires du secteur récréatif s'accroît encore plus rapidement.

Il faudra se livrer à une étude coordonnée pour garantir le développement harmonieux des services touristiques, pour empêcher la destruction du milieu côtier et pour réduire au minimum les changements sociaux au sein des populations indigènes. Cette méthode permettra également l'expansion d'un secteur où s'épanouiront diverses activités humaines: la pêche, le canotage, la navigation à voile, la natation, la plongée sous-marine et la visite de réserves naturelles sous-marines, la construction d'aquariums et de musées océanographiques. Ces activités peuvent compléter les attractions touristiques du rivage, comme la forteresse de Louisbourg, qui a été reconstruite. On pourrait faire beaucoup pour améliorer la qualité des installations touristiques, notamment dans les provinces de l'Atlantique, grâce à un programme de formation des animateurs locaux, leur montrant la bonne gestion d'installations similaires à l'étranger.

Il nous semble qu'il faut mettre en place de nouvelles structures administratives, car actuellement aucune autorité ne s'exerce et aucun ministère ne considère le tourisme comme un facteur positif pour l'économie. Par exemple, on n'a pas accordé assez d'attention aux rapports entre la pêche sportive et la pêche commerciale et les dispositions actuelles ne semblent pas être propres à en maximiser les avantages pour l'économie.

¹Cette conférence a été tenue sous l'égide de l'Organisation intergouvernementale consultative de la navigation maritime (IMCO).

Figure n° IV.2-Visiteurs aux parcs nationaux



*18 parcs nationaux en 1968; 17 parcs avant 1968 et 16 avant 1960.

†3 parcs côtiers avant 1960; 4 parcs après 1960, tous sur la côte atlantique.

La brièveté de la saison touristique dans les provinces de l'Atlantique nuit au rendement d'installations exigeant de gros investissements. Il semble ainsi qu'il serait préférable de construire des terrains de camping et des parcs pour roulettes plutôt que des motels et des hôtels. Cette situation tend, elle-même, à réduire l'importance économique du tourisme. En outre, une étude récente¹ a indiqué que le multiplicateur économique pour le tourisme dans les provinces de l'Atlantique est seulement de 1.6, contre 2.1 pour la plupart des autres provinces et 2.8 pour l'ensemble du Canada. M. Daneau², se fondant sur une étude réalisée en Gaspésie, le situe plus bas encore entre 1.2 et 1.5. Par conséquent, on peut douter de la véritable valeur économique d'installations touristiques dont on peut bénéficier à bon marché. Il est évident qu'au Canada il est souhaitable, du point de vue social, d'offrir les installations désirées aux Canadiens qui veulent passer des vacances peu coûteuses. Mais on peut se demander s'il est avantageux pour notre pays que ces installations soient largement utilisées par des étrangers. En fait, comme la présence d'un grand nombre de visiteurs tend à réduire l'attrait d'une région touristique, il peut être désavantageux d'offrir aux étrangers des installations dont ils pourront bénéficier librement et à bon marché. On devrait se livrer à une étude approfondie des avantages et des inconvénients de ces opérations, en tenant compte des inconvénients pour la société, et, au besoin, on devrait faire payer aux touristes non seulement les frais directs des services qu'on leur procure, mais encore un montant compensant le tort qu'ils causent au milieu naturel, du fait de leur seule présence.

Ces considérations ne s'appliquent pas seulement aux adeptes du camping. Sur la côte Ouest, un grand nombre de bateaux américains circulent dans les eaux canadiennes, utilisant les installations de

notre pays, et ne contribuant que peu ou nullement à notre économie. Ces eaux sont attrayantes, car la population des environs est de faible densité. Aussi, le grand nombre de bateaux dans ces parages cause-t-il un tort appréciable au milieu naturel, surtout dans les quelques zones de mouillage que l'on trouve dans ces eaux généralement profondes. Parfois, même ces bateaux sont une menace pour la navigation et ils peuvent nécessiter des opérations de sauvetage. Encore une fois, on doit trouver le moyen de faire payer aux visiteurs à la fois pour l'utilisation des installations fournies et pour compenser les inconvénients que cause leur présence. On n'a jamais hésité à faire payer un fort supplément aux non-résidents pour les permis de chasse et à leur imposer les services d'un guide. Un principe semblable pourrait être appliqué légitimement à d'autres formes de loisirs, comme celles qui exigent parfois le pilotage ou les services d'un guide.

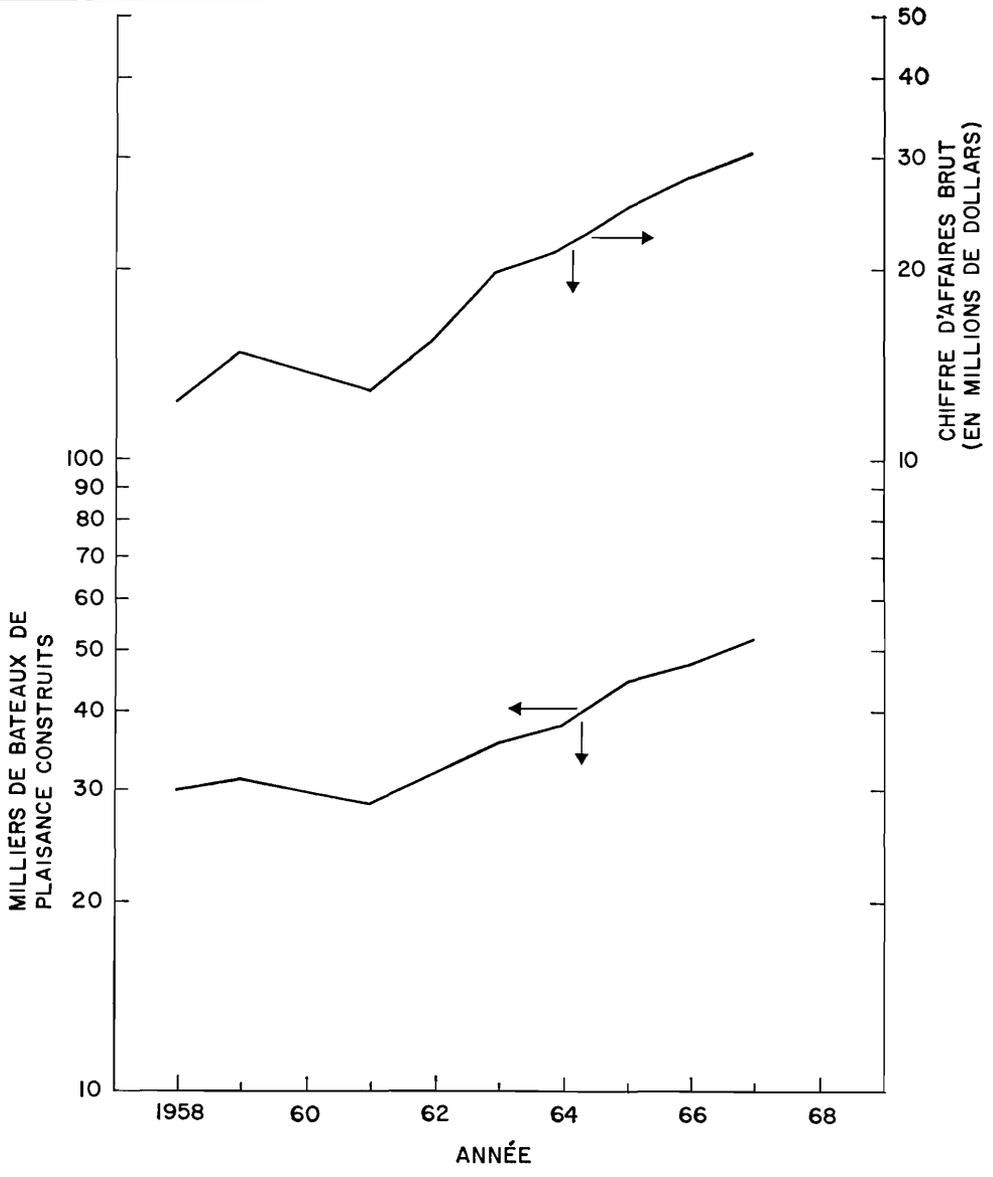
Il existe une industrie au développement rapide, qui est associée aux loisirs: c'est celle de la conception et de la production des bateaux de plaisance de différentes sortes. La croissance de cette industrie et son potentiel sont indiqués à la figure n° IV.3; on y constate l'augmentation des ventes et du nombre des bateaux de plaisance au Canada, au cours des dernières années. Un développement semblable est apparent dans d'autres parties du monde, et il existe d'importantes possibilités d'exportation, dont quelques-unes ont déjà été mises à profit.

Il règne une grande concurrence entre les fabricants, et, constamment, de nouveaux modèles font leur apparition. L'industrie canadienne serait plus forte si on mettait à sa disposition un plus grand nombre d'installations d'essai. Le CNRC possède ce genre d'installations, et il les agrandit dans ses terrains d'Ottawa. Cette situation géographique convient parfaitement aux grands bateaux, aux yachts de course coûteux et aux embarcations, conçus et construits dans les provinces du Centre. Mais Ottawa est loin des constructeurs de bateaux de

¹Reportage de Kates, Peat, Marwick & Co. dans le *Globe and Mail* du 9 octobre 1969.

²M. Daneau, étude documentaire établie pour les besoins de ce rapport.

Figure n° IV.3-Développement de l'industrie des bateaux de plaisance



plaisance des deux côtes. Il serait bon de créer, sur chacun des littoraux, des installations d'essai d'importance limitée.

Nous reviendrons sur cette question au chapitre VI.

Les sciences et la technologie de la mer doivent aussi contribuer à l'élaboration des critères de conception et de sécurité des bateaux de plaisance et des installations à terre; il faut qu'elles rendent plus sûres les prévisions des vents, des courants, de l'état de la mer et du climat; enfin, elles doivent faciliter l'établissement de cartes marines pour ceux qui pratiquent la navigation de plaisance et la pêche.

La navigation

La glace dans les eaux navigables

De tout l'énorme littoral canadien, seuls la côte pacifique et le rivage au sud du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse sont toujours libres de glaces. Dans une grande mesure, l'histoire des progrès des transports maritimes dans les eaux canadiennes a consisté à apprendre comment affronter le problème de la glace. Les services actuels du gouvernement fédéral qui sont chargés de coordonner et d'encourager les travaux en ce domaine sont organisés d'une façon qui défie *a priori* la logique, mais, en fait, ils semblent très bien fonctionner. Il s'agit du Groupe d'étude de la couverture de glace des eaux navigables. Ce Groupe a été créé en 1957 par le Comité mixte d'océanographie et, actuellement, il est responsable devant le Comité canadien d'océanographie, dont l'existence n'est reconnue par aucune loi. Le Groupe d'étude se compose de membres provenant d'un certain nombre de ministères fédéraux, de l'Université McGill et de celle de Toronto. Ses recommandations ont trouvé des applications dans des activités aussi diverses que les relevés de la couche de glace par satellite, les dispositifs de barbotage antigel, l'étude de méthodes permettant d'éviter la formation de la glace dans les écluses des voies maritimes et la traduction d'articles en russe et en japonais.

Au cours des dernières années, les résultats les plus spectaculaires de la lutte contre la glace ont été obtenus dans le golfe du Saint-Laurent. Les services plus nombreux des brise-glace et les premières prévisions d'englacement ont eu une grande influence sur le développement marqué de la navigation dans le golfe en hiver. La réduction importante des primes d'assurance maritime témoigne de la confiance que ces services inspirent. Le mémoire que nous a communiqué le Groupe d'étude de la couverture de glace sur les eaux navigables, aux fins de cette étude, indique qu'en 1968 on a effectué 688 traversées hivernales du détroit de Cabot, contre 10 en 1954. Toujours en 1968, le tonnage d'hiver a atteint 25 millions de tonnes. Le mémoire estime que le développement de la navigation en hiver a entraîné un surcroît d'activité économique autour du golfe du Saint-Laurent, qui peut être évalué, pour chaque année, à 500 millions de dollars au moins.

On pourrait faire davantage dans le golfe, et, au chapitre V, nous exposons comment on peut s'attaquer à ces problèmes en concentrant les moyens d'action. Mais arrêtons-nous aux problèmes de la navigation dans l'Arctique. La traversée spectaculaire du «Manhattan» a montré que l'on pouvait naviguer pendant toute l'année, ou presque, dans cette zone. Il faut noter que le pétrole n'est pas la seule cargaison de vrac pouvant être transportée économiquement dans de grands navires de charge. À long terme, il se peut que d'autres marchandises le dépassent. Si le Nord et l'Ouest de l'Arctique semblent être riches en pétrole, on peut penser que le Sud-Est et les régions qui entourent la baie d'Hudson peuvent contenir des gisements de minerais analogues à ceux que l'on trouve dans les autres parties du Bouclier canadien. De tels minerais ont déjà été localisés autour de la baie de Baffin et de la baie d'Hudson. Il est probable que l'on n'a seulement qu'un aperçu du potentiel minéral.

L'exploitation de ces ressources exigera soit la création d'une industrie importante dans ces régions inhospitalières, soit le

transport en vrac du minerai vers le sud. On admet de plus en plus que l'implantation d'usines qui produiraient des concentrés de minerai ou encore des métaux affinés dans l'Arctique est praticable. Cependant, l'expérience du passé indique que le transport de minerai brut jouera un rôle important dans la mise en valeur par le Canada des ressources de l'Arctique. Il n'existe pas de moyen de transport de vrac qui puisse lutter contre le transport maritime. Même s'il a été question de transporter les matières solides grâce à des pipelines spécialement adaptés (souducs) ou de longues bandes transporteuses, il est probable que les transports maritimes constitueront la méthode la plus en faveur, si elle est possible. Peut-être peut-on dire la même chose du transport du pétrole, bien que la technique de l'oléoduc ait fait ses preuves.

Par conséquent, nous approuvons les conclusions du Groupe d'étude de la couverture de glace sur les eaux navigables, qui propose trois sujets d'étude étroitement liés:

1. L'étude de méthodes permettant, d'une part, d'ouvrir à la navigation, le plus longtemps possible, les zones côtières du Canada qui sont fortement encombrées de glaces, et, d'autre part, de rendre le trafic maritime à partir des ports de ces côtes concurrentiel avec les autres voies.

2. Des études sur le climat et le milieu océanique qui aideront à prévoir l'accumulation, la formation et les mouvements de la glace.

3. L'étude des effets de la glace sur les ouvrages de génie. Il faudra examiner particulièrement le cas des aménagements portuaires et des navires.

La conception et la construction d'installations portuaires utilisables toutes l'année, dans des régions soumises à des températures très basses, constituent une entreprise que nous accomplissons avec un petit nombre d'autres nations. Le Canada doit accorder une attention particulière à ce problème.

En ce moment, semble-t-il, il n'est pas nécessaire d'entreprendre un vaste «programme d'urgence» pour résoudre ces

problèmes. Cependant, il faut commencer immédiatement à en déterminer les conditions technologiques et à les résoudre. Ceci permettra d'éviter une opération coûteuse, si la nécessité s'en fait subitement sentir. L'urgence est assez grande pour que l'on envisage des méthodes d'études techniques. Certes, il est important de mener des études scientifiques, concernant, par exemple, la rhéologie de la glace de mer, et ce sont là des domaines tout désignés pour la recherche universitaire, mais nous ne pouvons pas attendre que ces travaux portent leurs fruits. Nos connaissances scientifiques sont assez solides pour nous permettre de résoudre des problèmes technologiques de façon un peu empirique.

Il faudra faire des efforts considérables pour échanger des informations avec les quelques pays, notamment l'Union Soviétique, qui affrontent également ces problèmes importants. À ce propos, on peut regretter que le Groupe d'étude de la couverture de glace sur les eaux navigables fonctionne dans le cadre du Centre des recherches pour la défense, à Ottawa, pour la simple raison que quelques-uns de ses membres les plus dévoués et les plus actifs travaillent dans ce centre. On peut soutenir que cet emplacement est le meilleur possible. Toutefois, le fait que le président et le secrétaire du Groupe travaillent au Centre des recherches pour la défense, et que les renseignements qui émanent du Groupe parviennent fréquemment sous l'en-tête du Centre, doivent, au moins dans une certaine mesure, gêner les échanges d'information avec l'Union Soviétique, une des premières nations au monde dans le domaine en question. De tels échanges sont certainement souhaitables, et il serait bon de modifier quelque peu la structure du Groupe d'étude afin qu'il puisse fonctionner dans le cadre d'un centre ne relevant pas de la défense nationale.

La marine marchande canadienne

Comme nous l'avons dit au Chapitre I, nous ne traiterons que de certains aspects du vaste problème de la marine mar-

chande du Canada.

Sur la côte Est comme sur la côte Ouest, on trouve de vastes étendues marines, où les conditions diffèrent, toutefois, de celles de la haute mer. Les navires qui sont spécialement conçus pour ces eaux peuvent être très rentables. On note aussi que les entreprises de remorquage ont atteint un degré élevé de compétence sur le littoral pacifique. On pourrait utiliser plus largement cette compétence. Par ailleurs, nous le répétons, il existe au Canada des problèmes particuliers concernant la glace, qui demandent une solution purement canadienne.

Ces considérations mises à part, on pourrait se préoccuper de créer et d'entretenir une marine marchande canadienne au long cours. Il s'agirait principalement d'utiliser cette flotte pour démontrer la haute qualité technologique de l'équipement auxiliaire mis au point et fabriqué au Canada. On sait que les ports canadiens sont parmi les premiers du monde pour l'acheminement des produits en vrac tels que le blé, le minerai de fer, le charbon, la potasse, etc. Le Canada a intérêt à porter à un degré élevé d'efficacité la manutention de ces produits. L'ingéniosité des Canadiens doit s'employer à concevoir non seulement les aménagements portuaires, mais aussi l'équipement correspondant à bord des navires. De telles réalisations seraient beaucoup plus efficaces s'il existait des bateaux canadiens pour les utiliser.

Une tâche considérable peut être accomplie dans le cas des navires de charge des Lacs et du golfe du Saint-Laurent, qui battent pavillon canadien. Cependant, les plus récents gros transporteurs de vrac de haute mer diffèrent des navires de charge des Lacs par certains traits, dont la taille et l'aptitude à bien tenir la mer. Il faudrait envisager sérieusement d'acquérir ou de construire quelques gros transporteurs de vrac de ce genre, dans le but principal de faire la démonstration de techniques perfectionnées d'exploitation du navire, de chargement et de déchargement. On peut

appliquer le même raisonnement aux porte-conteneurs, et dans ce dernier cas il y a encore plus de place pour l'esprit d'invention.

Il est curieux de constater qu'il existe un programme canadien bien organisé de subventions aux navires, mais qu'aucun encouragement financier ou presque n'est accordé pour l'équipement de bord. Il faudrait qu'on accorde beaucoup plus d'attention à cet aspect de la technologie de la mer. Les deux secteurs industriels dont il s'agit sont d'importance comparable; l'imagination et l'esprit d'invention peuvent s'exercer au moins autant dans le domaine de la conception de l'équipement que dans celui de la conception du navire. En outre, les possibilités d'exporter de l'équipement sont probablement beaucoup plus grandes que celles de vendre à l'étranger des coques de navires. Les Canadiens peuvent constater avec satisfaction que les essais des navires de recherche révèlent des carences qui ne sont que rarement d'origine structurale ou dues à ces facteurs dépendant directement du travail de nos chantiers; elles concernent plutôt les moteurs et l'équipement construits à l'étranger, ou des erreurs de conception.

Il faut également considérer attentivement le cas des installations portuaires. De plus en plus, que ce soit au Canada ou à l'étranger, on considère les ports comme des unités et on les conçoit selon un plan d'ensemble. Au Canada, la plupart des grands ports relèvent du Conseil des ports nationaux et leur conception est effectuée par les services internes de cet organisme. Ce processus est traditionnel et offre quelques avantages. Il comporte également des inconvénients. De nouvelles installations portuaires sont nécessaires partout dans le monde, surtout là où il n'y a pas de spécialistes locaux pour l'établissement des plans. Certaines grandes entreprises canadiennes ont soumis des offres pour la conception et la construction de ports dans diverses parties du monde. Cette pratique est susceptible de s'étendre. Les sociétés canadiennes verraient sans doute leurs

offres plus appréciées si elles pouvaient faire la preuve de leur compétence.

Il nous semble que le Conseil des ports nationaux serait bien avisé de leur octroyer de nombreux contrats pour la conception et la construction de nouvelles installations portuaires. À la place ou en plus de cet arrangement, le Conseil devrait pouvoir offrir les services de ses experts aux entreprises canadiennes qui font des offres au sujet de la conception et de la construction d'installations portuaires étrangères¹.

Nous pensons que si les entreprises canadiennes construisaient des ouvrages importants de cette nature à l'étranger, on ne pourrait que s'en réjouir. Chaque opération de ce genre créerait sans doute un important volume d'affaires aux aspects multiples. L'équipement, fourni pour la première fois ou à des fins de remplacement, serait en grande partie canadien. De plus, si un pays étranger estimait que le Canada peut raisonnablement procurer un tel équipement, nous pourrions y développer nos ventes.

Ressources minérales de la mer

Même si des auteurs comme Mero² témoignent beaucoup d'enthousiasme et d'optimisme au sujet de la possibilité d'exploiter les ressources minérales de la mer, nous sommes enclins à adopter l'opinion plus prudente qu'exprime Cloud³ quand il dit:

«La corne d'abondance minérale des fonds de la mer n'existe que dans notre imagination. Ce qu'on pourra vraiment obtenir sera le résultat de recherches obstinées et imaginatives, d'un esprit d'invention inspiré, d'expériences hardies et habiles et de leurs applications intelligentes et bien dirigées. Les ressources que l'on

trouvera proviendront principalement des plates-formes continentales, des talus et des glacis du fond de la mer. On ignore si ces ressources seront importantes ou minimes. On peut raisonnablement supposer qu'elles seront assez grandes. Mais si notre conception actuelle de la structure de la Terre ainsi que de la composition et de l'histoire du fond de la mer est à peu près exacte, il est probable que les ressources minérales sous-marines ne peuvent se comparer, quant au volume et à la valeur, à celles que l'on pourra encore extraire de la terre ferme».

Il nous est apparu clairement au cours de notre étude que l'industrie minière du Canada ne se sent ni forcée ni obligée de faire appel aux ressources minérales des fonds sous-marins. Mais, par ailleurs, elle semble très sûre de pouvoir extraire ces ressources, si l'on en fait la découverte. Généralement, les industries estiment que si l'État désire encourager de telles activités, la meilleure méthode sera d'accorder des dégrèvements pour épuisement et autres avantages fiscaux.

À notre avis, ce genre d'encouragements n'est pas justifié actuellement. Au cours de la prochaine décennie, les problèmes qu'il faudra résoudre pour la prospection et l'exploitation du pétrole sous-marin obligeront les techniciens canadiens à acquérir de la compétence dans le domaine de la technologie de la mer. Quand le moment viendra vraiment d'exploiter les ressources minérales du fond de la mer, l'expérience que nous aurons acquise grâce à l'exploitation du pétrole sous-marin deviendra très payante.

Il est une ressource minérale sous-marine qui présente un intérêt beaucoup plus immédiat. Il s'agit des placers de plages submergées. On note déjà une exploitation de ce genre au large de la côte de la Nouvelle-Écosse, et une telle activité pourrait avoir une importance locale dans certains endroits. Il ne faudra pas, à coup sûr, négliger les possibilités qu'offrent ces gisements quand on se livrera à l'étude hydrographique des plates-formes continentales.

¹Il s'agit de l'exemple particulier d'une politique plus générale que l'on voudrait voir adopter. Nous développerons cette idée au chapitre VI.

²Mero, J.L. *Mineral resources of the sea*. New York, Elsevier, 1965.

³Cloud, Preston. *Chapitre sur: Mineral resources of the sea dans Resources and Man*. W.H. Freeman and Co., San Francisco. 1969.

Naturellement, la question de l'exploitation se posera chaque fois que l'on aura localisé des ressources. De façon générale, il faudra faire appel à de nouvelles techniques; l'examen des problèmes que posera cette exploitation devrait figurer parmi les fonctions de la Société d'expansion. Nous discutons des tâches de cet organisme au chapitre VI.

Les difficultés du travail au large des côtes semblent formidables, mais on entrevoit aussi certains avantages. On devrait être capable de charger les transporteurs de vrac directement à l'emplacement de la mine; aussi le problème du transport devrait-il être plus simple que dans le cas de nombreuses exploitations terrestres. L'idée d'une exploitation minière océanique ne doit donc pas être écartée. Les travaux géologiques et géophysiques que mènent les organismes de l'État devraient comprendre des études visant à localiser les gîtes de minerais. La résolution de certains problèmes techniques fondamentaux serait une tâche à la mesure des chercheurs universitaires aidés par l'État; il faudrait qu'ils l'entreprennent rapidement.

Récemment, on a donné beaucoup de publicité à la possibilité d'extraire diverses substances minérales des «nodules de manganèse» que l'on trouve sur de grandes étendues du fond marin. Aux États-Unis, certaines sociétés ont même essayé de recueillir cette matière en quantités commerciales. Il semble que la situation géographique du Canada n'incite pas particulièrement à se concentrer sur ce problème. Bien que les preuves que l'on possède soient assez minces, il semble que les plus grandes concentrations de nodules de manganèse se trouvent à des latitudes un peu plus basses que celles des eaux canadiennes. De plus, nous ne possédons pas d'étendues à profondeur moyenne comparables au plateau de Blake au sud-est de la côte des États-Unis, là où on trouve de grands gisements, à une profondeur qui n'atteint pas la moitié de celle de la plupart des fonds marins. Pour ces raisons, nous ne croyons pas que les possibilités d'exploiter les nodules de manganèse

doivent inciter les Canadiens à entreprendre de grands efforts dans un proche avenir. Toutefois, il serait bon que les programmes de levés, dans les eaux entourant le Canada, prévoient l'inventaire des ressources en nodules de manganèse; on devra également examiner attentivement toutes les nouvelles découvertes pouvant se rapporter à leur exploitation. Par ailleurs, il faut noter que les problèmes métallurgiques que pose le traitement des matières contenues dans les nodules de manganèse restent, dans une grande mesure, non résolus. Il serait tout indiqué que les chercheurs universitaires subventionnés par l'État entreprennent de les résoudre.

Il reste la possibilité d'obtenir directement de l'eau de mer des substances minérales, notamment le magnésium. Il semble que le Canada ne soit pas favorisé de façon particulière sous ce rapport, mais il est bon de rappeler que notre production massive d'aluminium se fonde seulement sur l'abondance d'énergie électrique à bon marché. La seule entreprise d'extraction de magnésium, au Canada, plus précisément à Terre-Neuve, dépend du faible coût de l'énergie qui est employée. Dans son document, «Perspectives de l'océanographie en 1968», l'UNESCO soutient que l'industrie métallurgique n'a pas accordé assez d'attention au magnésium, et que ce métal pourrait être davantage utilisé à des fins industrielles. Comme la production de magnésium au Canada pourrait être aussi rentable que celle de l'aluminium, la création d'une grande activité métallurgique serait justifiée. Si ces efforts avaient autant de succès que ceux que l'on a entrepris pour trouver des utilisations au nickel, une industrie importante pourrait naître.

Défense nationale

Pendant et après la Seconde guerre mondiale, la marine de guerre canadienne a concentré ses efforts sur la lutte anti-sous-marine. L'avènement du sous-marin nucléaire porteur de missiles a fait de ce genre de bâtiment une arme plus formi-

dable que jamais. Ainsi, les activités anti-sous-marines restent très importantes. La marine de guerre canadienne aura encore besoin de l'aide d'une meilleure technologie, d'un plus grand nombre de données en océanographie, et, si la chose est possible, de prévisions en ce domaine. Il est improbable que le pourcentage que représentent les dépenses consacrées à la marine de guerre dans le budget total de la défense nationale soit modifié de façon importante, même si les problèmes de la défense conviennent à présenter un intérêt moins grand que les autres aspects des sciences et de la technologie de la mer. La défense nationale fera encore appel aux océanographes pour obtenir des informations, et elle aura toujours besoin de l'esprit d'invention des technologues. La recherche océanographique devrait toujours se fixer comme objectif principal d'essayer de comprendre suffisamment le milieu marin pour pouvoir se livrer à des prévisions concernant les paramètres physiques et biologiques en océanographie. Ces prévisions présenteront un intérêt pour la défense nationale, de même que pour la pêche et les services de météorologie.

Nous ne pouvons en dire davantage; pour des motifs de sécurité, de nombreux détails ne peuvent être dévoilés.

Nous désirons appuyer la politique actuelle du ministère de la Défense nationale selon laquelle les établissements du CRD ne fournissent pas toutes les données océanographiques dont la marine de guerre a besoin. Ces établissements sont particulièrement compétents dans certains domaines, par exemple, celui de l'acoustique sous-marine. Cependant, nous estimons qu'ils doivent, eux-mêmes, s'appuyer sur les laboratoires du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources et sur ceux de l'ORP; ainsi, ils doivent être mieux informés et à même d'obtenir et d'analyser des facteurs tels que la température, la salinité, la nature des échantillons du fond marin ainsi que la répartition et la classification des organismes marins. En fait, dans la mesure du possible, on devrait coordonner les recherches

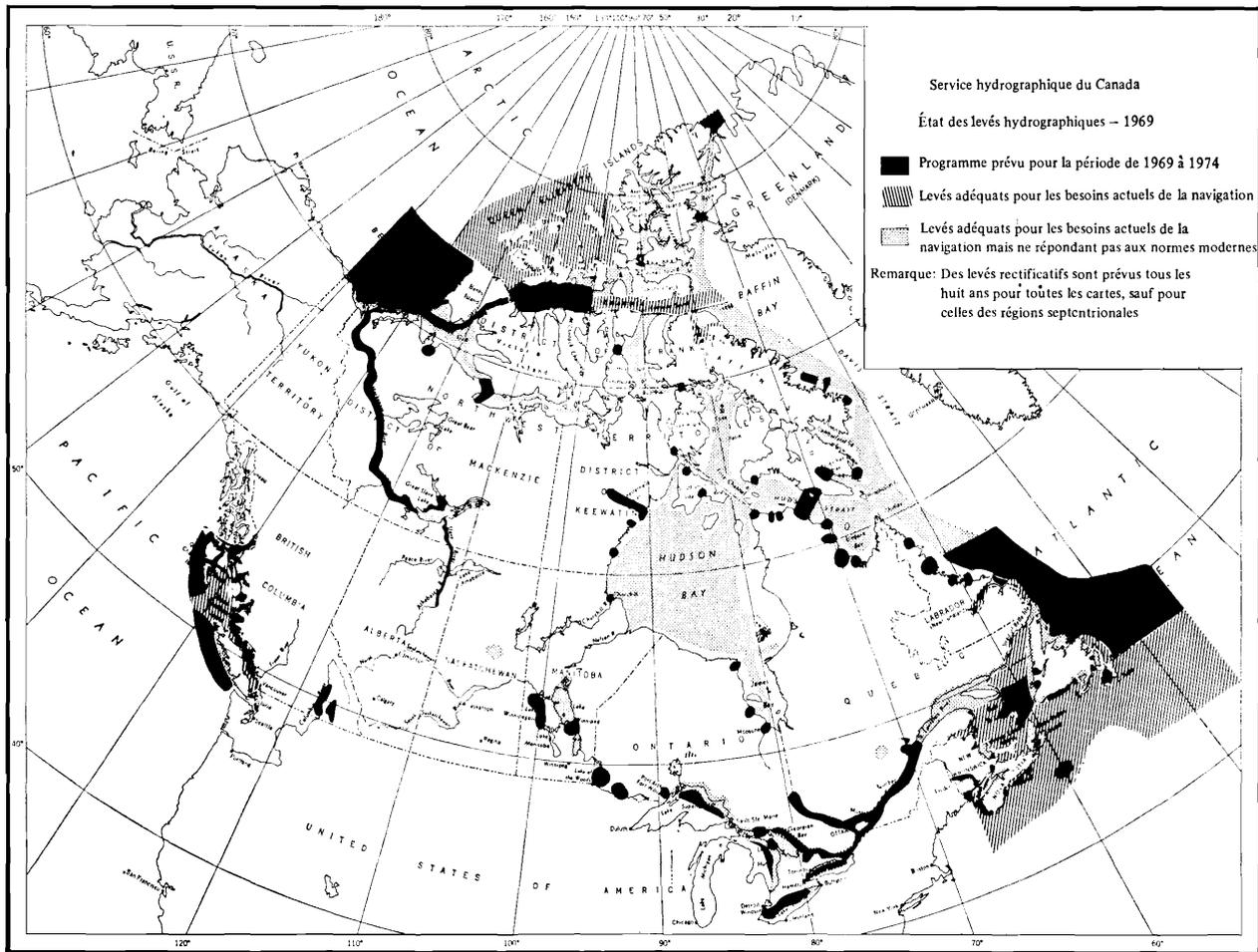
entreprises dans le domaine marin par la défense nationale avec les activités effectuées dans le même champ par les civils. De part et d'autre, l'efficacité serait améliorée. Il s'agit là d'une vue plus générale que nous développerons au chapitre VI. Nous estimons, en effet, que chaque organisation ne doit pas chercher à se suffire à elle-même.

Hydrographie

Le Canada a entrepris un programme systématique dans le domaine de l'hydrographie marine et cela a contribué à améliorer fortement l'établissement des cartes sous-marines des zones qui bordent nos côtes. Cependant, il reste beaucoup à faire. Emery¹ estime que nous connaissons bien peu de choses de la plate-forme continentale canadienne, en comparaison avec ce que nous savons des régions américaines et européennes correspondantes. Notre littoral et nos plateaux sous-marins ont une dimension telle que nous ne voyons pas la fin des travaux à entreprendre. De plus, en raison du développement de la navigation de plaisance et des problèmes que pose l'exploration du pétrole sous-marin, il faudra se livrer à des travaux de cartographie détaillés que l'on ne prévoyait pas. En outre, les données statistiques sur la houle et les cartes des courants doivent être complétées. Ainsi on peut prévoir que le nombre des levés hydrographiques augmentera régulièrement.

Nous estimons que les nouveaux travaux devront être effectués dans le cadre de contrats octroyés de façon systématique. Il n'est pas nécessaire que les services internes de cartographie de l'État se développent, et ils pourraient même, par la suite, conclure quelques contrats. Le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources continuera à être responsable de l'exactitude des cartes établies et il devra toujours fixer un ordre de priorité en ce qui concerne les zones et les paramètres à cartographier. De plus en plus,

¹Emery, K.O. The continental shelves. Scientific American, sept. 1969.



les services de l'État se doivent surtout de fixer des normes et d'assurer le contrôle de la qualité. Des entreprises privées devront effectuer sous contrat un nombre toujours plus grand de travaux ordinaires en matière de levés. Ces entreprises ne devraient pas se livrer uniquement à l'exécution de tels contrats; elles devraient vendre leurs services, non seulement à l'État, mais également à des firmes privées comme, par exemple, les sociétés pétrolières et les armateurs. Les navires océanographiques privés devraient pouvoir être affrétés comme navires de recherches par les divers organismes de l'État et les universités.

Études sur les estuaires

La glaciation du Pléistocène a eu pour effet de raboter et de découper le littoral canadien comme nulle part ailleurs. Il convient d'étudier les estuaires variés qui ont été ainsi formés, pour un certain nombre de raisons. Dans un grand nombre d'entre eux, on pratique la pêche commerciale et sportive. Sur leurs rivages, on trouve souvent des industries et il existe des possibilités d'implantation d'industries nouvelles. Les courants de chasse de l'eau dans un estuaire constituent généralement un phénomène d'océanographie physique très complexe, mais il est très important de l'étudier. Il régit la dispersion et la dilution des matières polluantes qui sont rejetées dans l'eau, ainsi que l'oxygénation des eaux profondes.

De même, de nombreux phénomènes océaniques-physiques et biologiques-se déroulent sur une petite échelle dans certains estuaires, notamment dans les eaux profondes des fiords. Les résultats des études possibles à cette petite échelle offriront de l'intérêt quand on passera à des étendues d'eau plus vastes.

Les études sur les estuaires ont démarré vigoureusement sur la côte Ouest peu avant 1950 et après. Depuis, elles se sont quelque peu ralenties, les laboratoires ayant employé leur énergie à résoudre d'autres problèmes. Il semble souhaitable que l'on revienne aux études sur les fiords,

et nous recommandons un tel changement. Naturellement, les facteurs estuariens jouent un rôle très important dans les études sur le golfe du Saint-Laurent et le détroit de Géorgie, que nous proposons dans ce rapport.

Géophysique

Sur la côte Est, l'Institut Bedford et l'Université Dalhousie ont acquis une large compétence et un renom international dans le domaine de la géophysique de la mer. Sur la côte Ouest, le tableau n'est pas aussi brillant. Bien que l'on ait agité la question à l'Université de la Colombie-Britannique et au ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, aucun programme ferme n'a encore été mis au point. Il faudrait pourtant le faire. Il semble que la zone au large de la côte Ouest du Canada ait des caractères géophysiques très particuliers et il serait très important de mettre sur pied un programme terrestre et marin en vue d'étudier les phénomènes qui se produisent dans les montagnes Rocheuses et à l'ouest de celles-ci. Pour cela, il faudrait établir une liaison étroite entre les travaux des universités et ceux des services de l'État.

Comme nous l'avons déjà indiqué, la géophysique de la mer est une discipline qui joue un rôle essentiel dans la formation du géophysicien. On peut donc prévoir que les universités de l'intérieur du pays demanderont à participer à des études portant sur la géophysique de la mer. La meilleure façon de satisfaire ces demandes sera d'instituer une collaboration étroite avec les laboratoires du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources. Une meilleure compréhension de la nature des processus géologiques et géophysiques ne peut qu'aider la prospection efficace des ressources minérales, y compris le pétrole. Il s'agit là de quelque chose de tout à fait étranger à la motivation purement scientifique qui pousse à comprendre la nature de la Terre que nous habitons.

La géophysique doit jouer un autre rôle. Le Comité des fonds marins de

Nations Unies a envisagé l'élaboration d'un régime juridique pour la prospection et l'exploitation des ressources du fond de la mer extraterritoriale. Sur ce point, le Canada demande que l'on parvienne à une entente internationale en vue de délimiter avec précision la limite extérieure du plateau continental, afin de remplacer la limite «élastique» qui figure dans la Convention de Genève sur le plateau continental (1958). Le point de vue du Canada est que la marge submergée du plateau continental doit être considérée comme sa limite extérieure (l'étendue incluse comprendrait donc le plateau lui-même, le talus et au moins une partie du glacis). Nous soutenons cette opinion, mais nous estimons qu'il faut préciser davantage cette limite. Les services de l'État s'occupant de la géophysique de la mer devraient avoir pour tâche d'établir, au moyen de levés, les limites du plateau continental afin que notre pays puisse mieux tracer sa ligne de conduite. À notre avis, la limite devrait se trouver au bas du glacis continental, de façon à mettre sous la compétence canadienne les sédiments épais de cette zone. Malheureusement les démarcations nettes, dont les manuels font état, ne se retrouvent pas facilement dans la réalité. Il est donc nécessaire d'entreprendre un programme géophysique important. Ce travail présentera l'avantage d'avoir des applications multiples; il devrait contribuer à la prospection pétrolière dans les sédiments épais du fond de la mer, à grande profondeur.

Les croisières lointaines des navires de recherche du Canada

On a remarqué que, parmi les pays qui ont acquis une compétence relativement grande dans le domaine de l'océanographie, le Canada a consacré proportionnellement moins de temps et d'efforts à des expéditions lointaines que tout autre pays. Il s'agit là, en grande partie, du résultat de la politique suivie délibérément par le CCO, qui considère que de nombreux problèmes immédiats sont plus urgents. Cependant, il faut admettre qu'en

dépît de l'ampleur des tâches à accomplir dans l'étude océanographique des eaux côtières, nos scientifiques devront, de temps en temps, mener des travaux dans des régions beaucoup plus éloignées. Il s'agit surtout de déterminer la valeur de certaines théories s'appliquant aux eaux canadiennes. Il arrive fréquemment que, dans ces eaux, les conditions soient si complexes qu'on ne peut établir nettement le bien-fondé d'une théorie à partir des observations faites sur place. Dans d'autres régions du monde, peut-être loin de nos côtes, on peut obtenir des preuves plus nettes. En outre, à partir d'observations faites dans les eaux canadiennes, on peut bâtir des hypothèses qui ne peuvent être vérifiées qu'en se référant à d'autres régions où certains paramètres sont différents.

Ces problèmes pourront souvent être résolus par des océanographes canadiens embarqués, avec leur équipement, sur des navires de recherche étrangers, pour effectuer des études dans d'autres parties du monde. Il faudra pouvoir financer de tels travaux (et réciproquement, on devra permettre, de temps en temps, à des chercheurs étrangers de monter, avec leur matériel, à bord de navires canadiens). Mais, dans certaines occasions, le problème ne sera résolu que si un navire de recherche canadien part en expédition. On ne devrait pas hésiter à financer des croisières de ce genre, si elles présentent un intérêt scientifique pour le Canada.

Nous avons indiqué à la section 9 du chapitre I que le Canada avait le besoin et le devoir de participer aux programmes scientifiques internationaux. Souvent, la participation à ces travaux peut être réalisée grâce à des activités menées dans des eaux qui ne sont pas trop éloignées de nos côtes. Cependant, on doit admettre que parfois la participation à ces études internationales, qui présentent un grand intérêt pour le Canada, ne peut se faire qu'en envoyant très loin du personnel et de l'équipement. Les recherches tropicales du Programme global de recherches atmosphériques (GARP), les études océanographiques et halieutiques au large du Pérou et de l'Afrique occidentale, sont des

travaux auxquels les experts canadiens pourraient contribuer de façon importante, car ils présentent un intérêt scientifique pour le Canada, qui se doit d'y participer.

Au cours des conférences de Genève sur la législation de la mer, on s'est demandé si les États pouvaient effectuer des travaux scientifiques sur les plateaux continentaux, et même dans les eaux territoriales. Nous avons soutenu, et nous continuerons de soutenir, que le Canada permettra de mener ce genre de recherches dans des zones relevant de la compétence canadienne à condition que les résultats des travaux soient publiés ouvertement et que notre pays se réserve le droit de faire participer des scientifiques canadiens aux études qu'entreprennent les navires de recherche étrangers. Le seul fait qu'ils jugent nécessaire d'opérer dans des eaux de souveraineté canadienne indique que nos programmes de recherche sont incomplets; ainsi, il reste certainement des choses à apprendre.

Naturellement, nous devons en retour accepter des chercheurs étrangers à bord de nos navires. Les contacts qui s'établiraient ainsi seraient fructueux; ils permettraient non seulement d'échanger des données et de comparer des techniques mais, d'une façon générale, de susciter la bonne volonté entre les nations.

Les sciences et la technologie de la mer comme instruments de politique extérieure

Les sciences et la technologie de la mer ont constitué et constitueront encore davantage un élément et un outil de politique extérieure pour les grandes nations maritimes, en raison des utilisations nouvelles et traditionnelles de la mer, qui revêtent une importance évidente du point de vue international, et parce que ce domaine scientifique et technologique a une incidence encore plus grande pour les pays privés de ressources. La mer représente un vaste domaine propice à l'établissement de rapports internationaux et l'on cherche de plus en plus à développer, grâce à elle, de nouvelles formes de col-

laboration. Dans la partie qui se joue, les États qui possèdent une base de sciences et de technologie de la mer solidement établie ont les meilleurs atouts.

Le Canada doit protéger ses intérêts vitaux dans les utilisations de la mer et son avis doit peser pour l'élaboration des accords internationaux qui régissent ces utilisations; aussi doit-il définir clairement les objectifs de sa politique extérieure qui se rapportent à ses intérêts dans le domaine de la mer. Il doit également organiser ses services scientifiques et technologiques en vue d'atteindre ces objectifs. Bien que le ministère des Affaires extérieures n'entreprenne pas d'action directe dans le domaine de l'océanographie, il est chargé d'indiquer au gouvernement la meilleure politique à suivre en vue de servir les intérêts du pays en ce domaine. Afin d'accomplir sa tâche, ce ministère doit négocier les accords internationaux qui répondront aux intérêts des Canadiens et aux besoins de la communauté internationale. Mais, le ministère souffrirait d'un grave handicap s'il ne pouvait bénéficier des conseils et de la collaboration active des scientifiques et des technologues qui exécutent un vaste programme de R & D concernant la mer. Cette collaboration est particulièrement importante, puisqu'il s'agit du domaine immensément complexe de la législation de la mer, qui se transforme de façon rapide et radicale à la suite des progrès scientifiques et technologiques.

La science et la technologie ont créé de nouveaux besoins et de nouveaux problèmes en juridiction de la mer, et elles joueront un rôle important quand il s'agira de satisfaire ces besoins et de résoudre ces problèmes.

Aussi le Canada doit-il s'organiser en vue d'établir les relations étroites voulues entre, d'une part, les activités scientifiques et technologiques du domaine de la mer, et, d'autre part, ses objectifs nationaux et la politique extérieure qui en découle.

Ces considérations mises à part, certaines activités en sciences et en technologie de la mer doivent être entreprises au Canada pour des raisons étrangères à

l'économie, au milieu et à la science, domaines considérés tout au long de ce rapport. Dans le cadre de la politique extérieure canadienne, on peut également utiliser les sciences et la technologie de la mer pour «arborer le pavillon national» et aider les pays étrangers.

Arborer le pavillon

Dans un bon nombre des questions examinées dans le rapport, et dans les diverses activités des scientifiques canadiens spécialistes de la mer, on trouve des traces de sentiment national. C'est dans les régions où nous voulons affirmer notre souveraineté que nous désirons voir notre pavillon national flotter le plus haut possible, à la vue de tous. Cette motivation intervient dans des projets actuels comme l'Étude du plateau continental polaire. Naturellement, on peut trouver d'autres raisons à ces entreprises scientifiques. Par ailleurs, le sentiment national a pu inspirer d'autres activités, comme celles de l'«Hudson 70», la croisière au Japon de l'«Endeavour» en 1968 et la présence en 1963 de l'«Oshawa» à San Francisco, à l'occasion de la réunion de l'UGGI. Dans chaque cas, les motifs scientifiques ont été prédominants, mais le second aspect ne doit être ni négligé, ni critiqué. La présence d'un navire de recherche canadien bien équipé, fonctionnant efficacement et menant un programme de recherches intelligemment conçu à l'aide d'instruments perfectionnés, qui, notons-le, ont été fabriqués au Canada, renforce naturellement le prestige canadien. Les nations, même celles qui, comme le Canada sont dénuées de grandes ambitions sur le plan international, ne prennent pas à la légère la question du prestige. Par ailleurs, il peut s'agir parfois d'une bonne affaire, car c'est une excellente publicité pour notre pays.

Il est très difficile de décider qui doit déterminer l'étendue de ce genre d'activité et sa nature. Il est certain que les scientifiques déplorent souvent de voir que leur temps ou celui de leur navire n'est consacré qu'à des activités de prestige; d'un autre côté, les endroits où l'on pourrait souhaiter voir flotter notre pavillon

peuvent ne pas coïncider avec ceux qui offrent un intérêt scientifique. Nous proposons d'organiser de temps en temps de telles croisières: une par an, au plus, pour tout le pays et la décision devrait en être prise en haut lieu. Il semble qu'il revienne au CCO de choisir les navires appropriés et même de proposer les croisières à entreprendre.

Aide aux pays étrangers

Nous avons déjà dit à plusieurs reprises dans ce rapport, que plusieurs aspects des sciences et de la technologie de la mer pouvaient intéresser le programme canadien d'aide à l'étranger. Il peut s'agir de l'exécution de diverses études océanographiques dans les eaux étrangères, de la formation du personnel des pays sous-développés dans les universités et dans les centres de recherches, de la conception et de la construction d'aménagements portuaires, de secours d'urgence pour résoudre les problèmes de pollution et de nombreuses autres activités. Le domaine de la mer offre l'avantage particulier de permettre une aide qu'on ne pourrait taxer d'ingérence dans les affaires intérieures du pays bénéficiaire.

Chapitre V

Un programme pour les années 1970

Les chapitres précédents nous ont montré que la situation géographique avantageuse de notre pays nous dote d'un potentiel étonnamment vaste de ressources dans le domaine marin. Il ne fait pas de doute que nous pourrions tirer parti de la mise en valeur harmonieuse de ces ressources, pour nous-mêmes et, si nous le voulons, également pour les autres. Il est tout à fait évident que cette mise en valeur sera un atout économique, comme dans le cas du pétrole, mais il apparaît clairement que les Canadiens ne retireront un profit maximum de la situation que s'ils se livrent à des efforts considérables, tout en s'assurant que cette exploitation contribuera à atteindre les buts culturels et économiques du pays.

Dans ce rapport, nous nous sommes efforcés, en premier lieu, de montrer que les activités éventuelles, notamment dans le cas de l'exploitation du pétrole et du gaz, sont si vastes qu'elles auront probablement une influence majeure sur les aspects sociaux du pays. Dans le seul cas de la côte Est, les réserves et les taux de production seraient, selon des évaluations très prudentes, plus élevés que pour les gisements de l'Alberta. En outre, il se pourrait que le bassin Ouest de l'Arctique constitue la plus grande réserve de pétrole au monde. Ailleurs qu'au Canada, principalement chez nos voisins, on trouve une technologie permettant d'extraire le pétrole du plateau continental et de le transporter pour le vendre. Mais ces moyens sont insuffisants, en raison des conditions rigoureuses qui sévissent au Canada, en particulier là où la glace est abondante. Aussi est-il nécessaire que d'importants progrès technologiques soient accomplis. Il faudra aussi créer une industrie secondaire vaste et complexe. Tout cela pourrait être réalisé par les Canadiens, et nous estimons qu'il faut prendre des mesures dans ce sens. Au chapitre II, nous avons exposé deux grands projets visant à cette fin, et nous proposons au chapitre VI des méthodes pour les gérer. Nous n'adoptons pas cette attitude en nous fondant uniquement sur des motifs de rentabilité économique, bien que ceux-ci puissent être très

importants au regard de la situation du pays. Il est plus important de noter que ces activités ayant trait à la mer nous fournissent l'occasion d'utiliser au maximum notre compétence technique, scientifique et administrative dans les domaines de la fabrication et des ouvrages de génie, et nous ne parlons pas de nombreux services qui seraient associés à ces activités. Nous avons ainsi l'occasion d'étendre sensiblement la gamme des possibilités d'emplois s'offrant aux Canadiens. Si l'on élabore pour les années 1970 un programme dans le domaine marin, il ne faudra pas centrer uniquement son but sur un accroissement de l'exploitation des ressources. Il est important que le Canada ait pour objectif d'engendrer un potentiel technologique national et une industrie secondaire pour exploiter les ressources.

Les océans constituent pour l'homme un milieu physique très spécial. Notre utilisation et notre domination de ce milieu ont toujours été si minimes que les mécanismes juridiques et administratifs qui guident nos activités terrestres s'y adaptent mal. On a toujours admis que personne ne peut revendiquer la propriété des poissons de la mer avant qu'ils ne soient pris. L'extension des limites nationales au delà du littoral n'est pas d'une grande utilité car la plupart des poissons les franchissent au cours de leurs migrations, quoi que fassent les bateaux de pêche. Des considérations spéciales et quelque peu différentes s'appliquent à la réglementation des transports maritimes ou aux droits d'exploitation des ressources sous-marines. En outre, nous tenons compte de plus en plus des problèmes de pollution et de la forte influence de l'état de la mer sur le climat. Du fait de la nature spéciale de la pêche, et parce que cette activité a joué, dans le cadre général de la conjoncture, un rôle relativement peu important pendant quelques années après la Seconde guerre mondiale, les nations ont considéré les problèmes halieutiques comme de bonnes raisons pour se livrer à des échanges d'informations, des négociations et des expériences dans le cadre d'une collaboration internationale.

Malheureusement, cette situation a changé. On s'est avisé qu'au cours de la décennie passée, l'augmentation de la production halieutique a contribué largement à la croissance de la production alimentaire, qui a dépassé celle de la population¹. En outre, au fur et à mesure que la masse des données halieutiques s'accroissait, les moyens se multipliaient pour affirmer efficacement la compétence nationale ou le contrôle international. De même, on constate que la démarcation entre la réglementation unilatérale (nationale) et multilatérale (internationale) des transports et de l'exploitation des ressources du fond de la mer est loin d'être bien établie. On commence seulement à admettre qu'il faut créer des mécanismes internationaux de lutte contre la pollution et de régularisation climatique, et l'on reconnaît depuis peu la possibilité d'utiliser la technologie marine comme élément des programmes d'aide à l'essor autonome des pays sous-développés.

Il est clair que les activités du programme canadien dans le domaine marin pour les années 1970 étayeront puissamment nos politiques nationale et internationale; par conséquent ce programme doit bénéficier de l'attention spéciale du gouvernement canadien.

Nous avons souligné que l'essor industriel dû à l'exploitation du pétrole sous-marin doit changer inévitablement l'aspect et le caractère des régions canadiennes concernées. Du point de vue social, les répercussions pourront être très grandes, notamment en Nouvelle-Écosse et à Terre-Neuve et peut-être dans toute la partie Est du pays. Les projets d'activité marine doivent donc être pris en considération pour l'élaboration des programmes d'expansion économique régionale. Mais il est indispensable que les Canadiens puissent s'enorgueillir des progrès matériels et sociaux qui se produiront. Ils seraient révoltés par une activité industrielle enlaidissant le paysage, sans planification ni réglementation, qui gênerait l'accès aux côtes, enfumerait l'atmosphère et pol-

luerait l'eau et les plages, flétrissant ainsi une région de plus du littoral atlantique déjà trop ravagé. Certains des mécanismes de contrôle existent déjà. Nous avons besoin d'une politique claire et d'un programme précis d'action pour assurer un équilibre entre l'essor et la régulation de l'industrie. Il est évident que les questions de réglementation ne font pas partie du domaine des sciences et de la technologie de la mer. Cependant, dans de nombreuses situations touchant à la mer, nous ignorons encore quelles seront les conséquences de nos actions, aussi est-il impossible d'exercer une direction intelligente. Le développement délibéré des sciences et de la technologie de la mer constitue donc un moyen important pour atteindre nos objectifs nationaux. En fait, nos activités scientifiques et technologiques ayant trait à la mer nous permettent bien de nous livrer à certaines évaluations théoriques des océans, mais elles n'ont pas atteint un niveau suffisant pour que l'on puisse décrire, même d'une façon générale, ce que deviendra le milieu océanique. Il serait vraiment déraisonnable de procéder à la mise en valeur des ressources et à la création d'une industrie secondaire sans s'efforcer dans l'intervalle d'obtenir la connaissance scientifique précise des écosystèmes, laquelle est nécessaire à l'aménagement qualitatif du milieu. Ce dernier doit constituer le troisième grand élément constitutif des programmes des sciences et de la technologie de la mer pour les années 1970.

Cependant, nos activités ont une grande portée. En examinant, au chapitre III, les problèmes des sciences et de la technologie de la mer, nous avons essayé de montrer le développement des connaissances dans le domaine des interactions de la mer, de l'air et de la terre. Il est devenu clair que l'aménagement du milieu ne signifie pas simplement celui d'un seul cours d'eau ou d'une baie, car il semble que les effets de cette opération s'étendent sur une vaste zone et durent longtemps. On a déjà des preuves des conséquences cumulatives de telles opérations dans le golfe du Saint-Laurent. Par ailleurs, les

¹Food production—shortage or surplus? *Nature*, vol. 225, 3 janvier 1970.

craintes concernant les répercussions de l'activité humaine dans l'Arctique peuvent souvent être illégitimes dans le détail, mais il est difficile de les réfuter entièrement. Il est temps que nous entreprenions l'étude formelle des interactions des grands ensembles. Nous avons la preuve que nous pouvons modifier le climat, à notre insu. Aussi est-il important d'évaluer comment nous pouvons régulariser ce dernier d'une façon délibérée et scientifique. Nous proposons que le programme canadien des sciences et de la technologie de la mer pour les années 1970 englobe l'étude des possibilités de régulariser le climat.

L'exécution d'un programme ayant les objectifs que l'on envisage ici exige que l'on maintienne un certain équilibre entre la recherche fondamentale et appliquée, les études techniques et les applications industrielles. Il faut pour cela que les universités, l'État et l'industrie reconnaissent que les activités qui contribuent à cet équilibre sont des éléments importants de leurs tâches. Dans ce chapitre, nous examinons le rôle que doivent jouer les universités, l'État et l'industrie pour assurer le succès d'un programme équilibré de science et de technologie de la mer; de plus, nous décrivons en détail deux grands projets qui, à notre avis, doivent être entrepris conjointement à l'échelle nationale.

Relations entre les universités, les laboratoires de l'État et l'industrie

Quand ils examinent une question où intervient l'immensité de leur territoire, les Canadiens sont toujours conscients des limites des ressources humaines et financières dont ils disposent. Néanmoins, dans une telle situation, ils doivent veiller à ne pas adopter une vue trop simpliste de l'efficacité. La plupart des activités humaines s'appuient sur des échanges qui prennent la forme d'une collaboration de personnes animées par des motifs différents pour atteindre un objectif particulier. Dans une transaction, les motivations ou les buts de l'acheteur ne sont,

bien entendu, pas les mêmes que ceux du vendeur. La transaction commerciale est un accommodement avantageux pour les deux parties, mais pour des raisons complètement différentes. Il ne semble pas que les rapports qui existent disons, entre un chercheur et l'organisme qui l'emploie, ou encore entre l'industrie et l'État, s'inspirent généralement des mêmes raisons. Une confusion inutile et bien des désappointements découlent de l'oubli de ce fait souvent vérifié, et de la supposition, par exemple, que les chercheurs ont les mêmes buts que les organismes qui les emploient. Si l'on persiste dans cette attitude, on risque d'aboutir à la médiocrité. Il faut s'en souvenir quand on considère les rôles que doivent tenir les universités, l'État et l'industrie dans le domaine des sciences de la mer.

Les laboratoires des universités

Le professeur d'université qui enseigne les sciences ou la technologie¹ a choisi de travailler dans le milieu universitaire pour différents motifs: le désir d'acquérir des connaissances et le prestige, tel qu'il le conçoit, le goût de l'enseignement, le désir d'échapper à l'ambiance de concurrence de l'industrie et d'avoir une certaine liberté dans le choix de ses activités. La société rémunère ses services parce qu'elle estime que quelques-uns au moins de ses élèves pourront lui être utiles, de même que le résultat de certaines de ses activités. Le professeur pense rarement de cette façon, sauf quand il s'agit de demander des fonds supplémentaires pour ses recherches ou une augmentation de traitement.

Les meilleurs des professeurs utilisent la liberté dont ils jouissent à l'université pour lâcher les rênes à leur imagination. Il s'ensuit qu'une grande proportion des idées vraiment nouvelles surgissent dans le cadre universitaire. Celle-ci constitue un creuset naturel pour la recherche. Cependant, l'enseignement universitaire

¹La situation est légèrement différente pour le professeur d'humanités. S'il ne dispose de ressources privées, où pourra-t-il exercer sa profession sinon à l'université?

recèle de grandes possibilités de croissance dans d'autres voies. À l'instar des organismes vivants, les professeurs tendent instinctivement à s'assurer une postérité, intellectuelle celle-là; ils ne transmettent pas seulement des connaissances, mais encore des états d'esprit et un mode de vie. Comme il semble que l'action des professeurs s'exerce surtout sur les étudiants diplômés et que ce sont ces derniers qui détermineront largement l'évolution des sciences et, de plus en plus, celui de la technologie, ce niveau de l'enseignement doit attirer notre attention. Ordinairement, un professeur de science ou de technologie forme en même temps trois ou quatre étudiants diplômés. Généralement, quatre ou cinq ans séparent le premier diplôme du dernier. Ainsi, un professeur est capable de se donner un remplaçant chaque année. Comme sa vie professionnelle d'enseignant dure environ 20 ans, un tel taux de remplacement risque d'être pléthorique.

La société ne supporte une telle croissance que lorsque les besoins de ce genre de diplômés augmentent d'une façon anormalement rapide, et pour quelques promotions seulement, mettons cinq ans. La croissance du nombre des diplômés doit être régularisée comme s'il s'agissait d'une multiplication biologique, c'est-à-dire que pour poursuivre et améliorer la recherche universitaire, on doit ralentir la cadence de formation des professeurs. Pour cela, on peut réduire le nombre des étudiants diplômés dont s'occupe le professeur, ou faire en sorte que la plupart des étudiants formés n'enseignent pas. La combinaison des deux méthodes peut être avantageuse.

On pourrait réduire le nombre des étudiants formés par chaque professeur sans faire de tort à la recherche universitaire, en allongeant délibérément la durée des études. Mais un tel artifice n'est pas seulement inefficace et coûteux: il présente de tels inconvénients pour l'étudiant qu'il faut l'écarter. Il reste deux méthodes acceptables qu'il faudrait probablement utiliser. En premier lieu, on pourrait accorder dans les universités et les laboratoires de l'État un plus grand nombre de

bourses du 4^e cycle (post-doctorales). Elles constitueraient un moyen très souhaitable pour parfaire la formation des diplômés avant qu'ils n'entreprennent leur carrière. En outre, une augmentation importante du nombre de ces bourses aurait un autre effet désirable. Dans chaque domaine des sciences de la Mer, le nombre annuel des diplômés, de même que celui des postes qui leur sont ouverts, est assez faible. Le hasard fait fluctuer sensiblement ces deux chiffres, sans parler des répercussions de facteurs tels que la répétition des programmes d'austérité de l'État. On pourrait comparer le groupe des boursiers du 4^e cycle à un réservoir qui pourra se remplir ou se vider selon les fluctuations de l'offre et de la demande. La période d'attente est ainsi plus facilement supportée par le diplômé que par l'étudiant préparant sa thèse.

En second lieu, on peut accroître le personnel technique des départements d'océanographie des universités. Les programmes de recherches au 4^e cycle ne durent ordinairement que deux ans; s'ils faisaient partie d'un personnel technique plus nombreux pour les travaux des étudiants et des professeurs, les boursiers de 4^e cycle pourraient réaliser des programmes plus complexes et plus longs. Il est très souhaitable de combiner les deux méthodes, qui devraient être prises en considération par les organismes subventionnaires.

La seconde solution, qui consiste à empêcher les diplômés de devenir à leur tour des enseignants, conduit logiquement à orienter la plupart des diplômés vers des carrières non universitaires. C'est pourquoi une grande partie des activités scientifiques doit se dérouler hors de l'université. Seuls les diplômés très attirés par le milieu universitaire devraient aspirer au professorat. Il en résulte une ligne de conduite pour les enseignants. En premier lieu, le professeur doit savoir que la plupart de ses étudiants diplômés ne deviendront pas professeurs ni même chercheurs. Par exemple, comme nous l'exposons ci-après, les services de l'État ont besoin d'un grand nombre de spécia-

listes compétents et bien formés, mais que leurs aptitudes portent plus vers les travaux d'application que vers la création. Il faudrait tenir compte de cette réalité quand on sélectionne et qu'on forme les étudiants. En second lieu, l'université devrait disposer d'un financement stable à long terme et pouvoir l'utiliser avec souplesse, afin d'aider les étudiants qui ne visent pas à atteindre un niveau universitaire élevé, ni à obtenir des bourses, mais qui veulent acquérir une grande compétence dans un domaine pratique. Nombre de ces étudiants n'ont pas les qualités voulues pour bénéficier de bourses universitaires «certains le pourront; mais il n'y a pas de corrélation étroite entre la volonté obstinée d'obtenir des points, qui conduit à l'attribution d'une bourse, et l'esprit créateur, générateur de véritables progrès scientifiques». Les organismes subventionnaires devront tenir compte davantage de la pertinence de la recherche.

Cependant, quels que soient le genre et le nombre des étudiants qui sont formés, l'université doit affronter le problème particulièrement difficile de l'ampleur des débouchés. On accorde facilement des fonds aux étudiants diplômés quand l'économie est en expansion. Mais quand les étudiants ont passé environ cinq ans à perfectionner leur formation, une période de récession s'est installée et beaucoup ont de la difficulté à trouver un emploi. C'est alors qu'on ralentit le recrutement des étudiants, ce qui a pour effet de réduire l'offre au cours de la prochaine période d'expansion. Ainsi, il y a un décalage perpétuel entre l'enseignement et le travail. La situation s'est révélée grave récemment, et à diverses occasions par le passé. Si nous ne voulons pas perdre une grande partie de nos diplômés les mieux formés, il faut que l'État reconsidère sa politique des subventions et d'engagement de personnel permanent. Actuellement, une très grande proportion des océanologues trouvent du travail dans les laboratoires de l'État.

Nous espérons que ce pourcentage diminuera, à mesure qu'augmentera l'activité de l'industrie. Cependant, il est probable que le recrutement qu'effectuent les labo-

ratoires de l'État dans les établissements d'enseignement de l'océanologie sera toujours important. Afin d'assurer l'élaboration harmonieuse des programmes de travaux océanologiques, il est nécessaire de trouver des solutions à ce problème. Au prochain chapitre, nous décrirons les mécanismes administratifs qui pourraient convenir.

Quand on examine le rôle des sciences de la mer dans les universités, il est nécessaire de faire une distinction nette entre la formation des spécialistes, et l'utilisation de questions marines pour servir à l'enseignement d'une autre discipline. Ainsi, la biologie marine, aussi bien la zoologie que la botanique, est une branche si importante de la biologie que, sans elle, la formation du biologiste serait incomplète. C'est pour cette raison que nous approuvons entièrement les universités de l'Est et l'Ouest du pays, quand elles proposent de créer des laboratoires spécialisés respectivement à St. Andrews (N.-B.) et Bamfield (C.-B.). Selon nous, la principale fonction de ces laboratoires extérieurs serait de servir à la formation au 1^{er} cycle des étudiants en biologie. On pourrait aussi les utiliser pour la réalisation de certains projets d'étudiants diplômés, quand le facteur temps n'interviendrait pas de façon importante. Les universitaires qui travailleraient dans ces laboratoires devraient naturellement s'occuper de domaines de recherche précis. À notre avis, les recherches devraient surtout porter sur les phénomènes qui se produisent près du rivage, et dont l'étude ne requiert pas l'utilisation de navires-laboratoires, mais seulement celle de chaloupes.

On peut faire la même remarque à propos de la géophysique. Un géophysicien n'a pas une formation complète s'il n'a quelques connaissances au sujet de l'extension des fonds océaniques et d'autres aspects de la géophysique marine. Mais il s'agit là de nouveautés si récentes que les géophysiciens n'ont pas décidé eux-mêmes comment il fallait les intégrer aux programmes d'enseignement.

Pour les autres disciplines, les problèmes de la mer sont moins essentiels. Il

n'est pas honteux pour un physicien, un chimiste ou un géologue de ne rien savoir des aspects de sa spécialité qui ont trait à la mer. Ainsi, il n'est pas nécessaire qu'un océanographe spécialisé en physique, en chimie ou en géologie figure parmi les professeurs de l'Université de l'Alberta «cette université a besoin de biologistes du milieu marin et, au moins quelques-uns de ses géophysiciens doivent avoir des connaissances réelles des problèmes géophysiques des fonds océaniques». Cela ne veut pas dire qu'un océanographe spécialisé en physique n'aurait pas sa place parmi les professeurs de l'Université de l'Alberta. L'océanographie fournit un bel exemple de physique moderne des milieux continus; un professeur peut enrichir l'enseignement qu'il donne aux étudiants de 1^{er} cycle en fournissant des exemples tirés de l'océanographie. De même, un océanographe spécialisé en chimie est familiarisé avec des situations d'une complexité que l'on rencontre rarement ailleurs et il peut fort bien faire bénéficier les chimistes de ses connaissances. Un océanographe spécialisé en physique théorique serait un atout valable pour n'importe quel département de mathématiques appliquées. Un tel scientifique connaît très bien, par exemple, les utilisations très complexes de la théorie des perturbations singulières et dans les cas d'interactions de la houle qu'il connaît, il peut trouver un grand nombre d'exemples pour résoudre des équations non linéaires. Ainsi, un étudiant ayant terminé sa thèse en océanographie devrait pouvoir lutter à armes égales avec les diplômés des autres disciplines pour l'obtention d'un poste dans les universités et collèges techniques. On doit s'en souvenir quand on examine les besoins en spécialistes formés aussi dans les sciences de la mer. Leur nombre pourrait atteindre celui des océanologues.

La présence dans les universités de professeurs s'intéressant au domaine marin pose le problème de l'orientation de leurs recherches. Nous estimons qu'il faut certainement réserver l'étude océanographique de la mer aux actuels instituts

d'océanographie qui fonctionnent en liaison avec les laboratoires de l'État, car les instituts doivent utiliser les navires-laboratoires de ces derniers. On voit deux façons d'utiliser les services des universitaires:

a) ils pourraient se joindre à des groupes de biologistes de leurs propres universités pour étudier les phénomènes côtiers. Ce genre de travail deviendra de plus en plus important pour détecter et réduire la pollution. Le cas échéant, les laboratoires de l'État, tels la station biologique de St. Andrews (N.-B.) et le centre de Departure Bay (C.-B.), pourraient faciliter leur tâche en octroyant des contrats au personnel permanent des stations d'études océanographiques ou à des professeurs détachés. L'État pourrait conclure des contrats similaires pour l'exécution de travaux au Laboratoire de recherches océanologiques de l'Université Memorial;

b) l'alternative, qui ne doit pas exclure la première possibilité, serait que les océanologues des universités canadiennes trouvent des emplois d'été dans l'un des actuels instituts d'océanographie universitaires ou dans les laboratoires de l'État. Dans ces conditions, certains problèmes se poseraient pour la direction des études des diplômés; la difficulté peut être surmontée comme elle l'a été par l'Université McGill, qui entretient des relations de plus en plus nombreuses avec l'Institut Bedford. Les organismes subventionnaires des universités et les ministères trouveront peut-être bon de prendre des dispositions financières spéciales afin de favoriser de tels détachements.

Certes, il est essentiel d'ouvrir la voie à l'essor de la recherche océanologique dans les universités canadiennes, en rendant la recherche universitaire moins dépendante de la formation d'étudiants diplômés. Mais la principale fonction de l'université est toujours de former de futurs océanologues et ingénieurs océaniques* et d'informer le public sur l'intérêt du milieu marin pour notre société. On constate avec plaisir que les gens, en général, connaissent mieux ces questions.

*ou technologues de l'océan.

Toutefois, on aurait pu déployer plus d'activité à ce sujet. Par ailleurs, on note de graves insuffisances dans le domaine de la formation supérieure des spécialistes.

Ces lacunes dans nos programmes de formation peuvent être comblées efficacement et rapidement comme l'a montré la réussite des instituts d'océanographie de l'Université de la Colombie-Britannique et de l'Université Dalhousie. Le première de ces universités a réalisé ce progrès un peu avant 1950 et la seconde avant 1960. Nous estimons que la compétence scientifique des instituts et de leurs diplômés atteint maintenant un niveau presque inégalé dans le monde, et que nous sommes bien armés pour former les meilleurs océanologues. Une légère extension de l'enseignement permettrait d'équilibrer la formation des étudiants. Les problèmes qui se posent actuellement pour la formation des scientifiques concernent surtout l'établissement d'un bon équilibre entre l'offre et la demande. Or, la situation est loin d'être satisfaisante en ce qui concerne la formation d'ingénieurs océaniques. Toute entreprise industrielle qui tente d'évaluer les possibilités offertes par le milieu marin se préoccupe d'abord de constituer un dossier technique, et recherche donc des technologues ayant l'expérience voulue. Cela est également vrai dans le cas des organismes fédéraux qui ont besoin d'experts dans les domaines des installations et des opérations de défense, dans ceux des ouvrages et des travaux concernant la pêche, et pour résoudre les problèmes de la corrosion, de la pollution, des transports, de l'érosion des plages et bien d'autres. Or, on constate que tous les experts, dont le nombre est limité, se sont formés eux-mêmes. Le nombre de technologues disponibles est certainement insuffisant pour la demande qui doit se manifester au cours des années 1970.

Nous avons discuté de ce problème avec différents cadres des universités, de l'industrie et des services de l'État, dans tout le Canada. On s'accorde à reconnaître que les besoins sont grands. Mais après les changements qui sont survenus

brusquement dans la conjoncture au cours des deux dernières années, personne ne veut compromettre l'organisme qu'il représente en précisant le nombre de spécialistes requis et leur genre de formation. Si le gouvernement adoptait officiellement une politique visant à développer les activités industrielles du domaine marin et à protéger le milieu océanique, comme nous le préconisons dans ce rapport, les universités et le CNRC pourraient entreprendre une action commune pour combler les lacunes actuelles. Dans ce cas, il faudrait créer un enseignement supérieur en génie océanique «art de l'ingénieur dans le domaine de la mer» avec la collaboration des actuels instituts d'océanographie. Pour commencer, les universités devraient offrir des cours de recyclage intensif à des ingénieurs diplômés et expérimentés. Cet enseignement serait particulièrement utile aux ingénieurs dirigeant des firmes canadiennes, en leur montrant les aspects techniques des activités marines et les débouchés ouverts. Cependant, il faudrait rapidement remplacer ces cours de recyclage par une année d'étude au 2^e cycle, menant à une maîtrise en génie océanique. On a largement discuté l'enseignement au 1^{er} cycle des rudiments du génie océanique; certaines universités des États-Unis l'ont déjà donné, mais avec un succès médiocre. Nous ne pensons pas qu'il serait avantageux de spécialiser l'enseignement du génie au 1^{er} cycle. Cependant, nous approuvons l'inclusion de problèmes de génie océanique dans le programme de formation des ingénieurs, comme on se propose de le faire à l'Université Mémorial. Le prochain chapitre examine en détail les problèmes administratifs soulevés pour l'activité marine.

Les laboratoires de l'État

Les motifs qui incitent l'État à créer un laboratoire sont généralement assez clairs. Il désire faire exécuter un travail ou une catégorie de travaux. Il s'agit presque toujours de recherche appliquée et de développement technique, et presque jamais de recherche fondamentale. Or, les

motivations des scientifiques travaillant dans le laboratoire sont probablement tout à fait différentes. Ils se sentent stimulés par le seul défi d'un problème scientifique à résoudre et par leur curiosité inextinguible, qualité que possèdent à un haut degré tous les bons scientifiques. Tout est pour le mieux quand le travail du laboratoire est suffisamment stimulant du point de vue intellectuel. Cependant, deux problèmes se posent.

Le plus important est en général un problème de communication. Le langage dont se sert la société pour décrire ses objectifs, tel que l'accroissement de la prospérité, l'augmentation des rendements et des bénéfices, etc. n'est pas celui qu'utilise le scientifique concevant des expériences ou exposant des résultats. Le chercheur n'a pas pratiqué souvent le langage de la société au cours de ses années scolaires ou universitaires, et il ne s'en est pas servi pour décrire sa future carrière scientifique. Il rencontrera des difficultés s'il ne peut faire la transposition de façon efficace et imaginative. Beaucoup trop souvent, le directeur d'un laboratoire de l'État conçoit son mandat en des termes familiers aux organismes subventionnaires ou au grand public. En même temps, les chercheurs peu doués d'imagination (à proprement parler, les moins bons) acceptent de travailler en définissant leurs objectifs dans des termes non scientifiques accessibles à la collectivité. Il en résulte des travaux routiniers d'observation ou de résolution de petits problèmes, sans que le chercheur subisse une stimulation intellectuelle, et on constate la faible qualité des résultats des travaux scientifiques. Le second problème est en réalité un corollaire du premier. Les gouvernements créent des laboratoires pour atteindre des buts particuliers, et ils en attendent certaines informations, généralement au sujet d'un milieu spécial ou d'un processus complexe. Comme beaucoup de facteurs dans un domaine particulier dépendent de l'échelle du temps, on doit accumuler des quantités considérables de données, pendant de longues périodes. Cette nécessité explique pourquoi le scien-

tifique le plus dénué d'imagination peut trouver du travail. En fait, le cas est si général que les laboratoires de l'État ont tendance à employer un grand nombre de tels chercheurs. Si les responsables qui les dirigent n'ont pas la compétence, l'imagination et l'énergie nécessaires pour bien analyser ces grandes quantités de données, tout le programme s'enlise dans une interminable accumulation de relevés non digérés et souvent indigestes.

Lorsque le travail scientifique est entravé par une utilisation intempestive d'un langage non scientifique, ou quand le rassemblement des données devient un fardeau pour le personnel des laboratoires de l'État, le recrutement de bons scientifiques devient impossible. Il semble que l'on puisse résoudre ces problèmes par deux méthodes différentes. En premier lieu, il faudrait créer une collectivité nombreuse et dynamique de scientifiques sous la forme d'une association de plusieurs laboratoires ayant des intérêts communs mais des objectifs différents, et situés de préférence à proximité d'une bonne université (on peut citer à titre d'exemple le complexe d'Halifax-Darmouth). En second lieu, de façon peut-être plus importante mais moins apparente, les organismes de l'État devraient attirer quelques chercheurs à l'esprit investigateur, curieux et infatigable. Cette condition n'est pas seulement indispensable au dynamisme du laboratoire; elle établit de plus des liens entre le groupe de laboratoires et l'université. S'il veut garder ses chercheurs d'élite, l'organisme qui les emploie ne doit pas leur soumettre des problèmes sans intérêt, mais plutôt leur demander d'exercer leur perspicacité, dans le vaste domaine dont s'occupe le laboratoire. Ces chercheurs devraient rechercher constamment la bonne interprétation des données rassemblées. Ils devraient également s'occuper d'exposer les problèmes de la société en langage scientifique et, parallèlement, d'adapter les résultats du laboratoire aux objectifs de la société.

Toutes ces aptitudes ne peuvent se trouver chez un seul individu. Mais ceux qui sont poussés par la curiosité et la

volonté de résoudre des problèmes constituent des éléments essentiels au bon fonctionnement du laboratoire. Si ce dernier ne leur permet pas d'exercer leur esprit d'investigation dans des domaines qui constituent la tâche officielle du laboratoire, ou en dehors de celle-ci, ils partiront.

On a reconnu naguère qu'il fallait au Canada des hommes imaginatifs pour réorienter et réorganiser l'activité des établissements de recherche de l'État. On remarque avec plaisir qu'actuellement les laboratoires de l'État se livrant à des recherches dans le domaine de la mer tendent à s'associer à des universités (voir, par exemple, un exposé de principes: «L'Office des recherches sur les pêcheries et son rôle dans le développement scientifique de 1968 à 1978» Ottawa 1968). Au chapitre VI, nous formulerons d'autres propositions visant à maintenir la qualité des recherches des organismes publics.

Cependant, à notre époque de bouleversement de toutes les valeurs, on peut se demander quelle proportion de son budget l'État devrait consacrer à la recherche qu'on appelle fondamentale. La réponse varie selon les cas, mais on relève dans les conférences Noranda, données à l'Exposition de 1967, l'opinion d'un distingué directeur¹ de recherches industrielles au sujet de son secteur. Il semble que le secteur public ait beaucoup à apprendre de l'industrie où les problèmes de rendement se posent plus clairement.

Se fondant sur son expérience acquise chez Union Carbide, Kinzel estime que la grande industrie devrait consacrer environ 30 p. 100 des crédits de recherche à des travaux de recherche fondamentale. Bien qu'elle vise des objectifs aussi pratiques que celle de l'industrie, la recherche dans le secteur public est d'envergure plus vaste et ses résultats ne sont rentables qu'après des périodes très longues, telles que l'industrie ne pourrait pas s'en accommoder. Si l'on considère l'expérience et les résultats des laboratoires les plus actifs, il

semble que les organismes publics pourraient accomplir plus de recherche fondamentale par rapport à la recherche appliquée. L'application réussie des connaissances scientifiques dans le domaine de la technologie et de la fabrication semble le fruit de solides travaux de recherches dans des disciplines bien connues. Ces réussites ont souvent peu de rapport avec les objectifs premiers des programmes de recherche; on s'en aperçoit seulement après coup². Le procédé «Halifax», bien connu pour la fabrication de concentré de protéines de poisson, illustre bien ce fait. Les scientifiques de l'Office des recherches sur les pêcheries recherchaient un procédé pour extraire les huiles du poisson afin de pouvoir les analyser. Il s'agissait d'un programme strictement scientifique. Ils apprirent à extraire l'huile avec tant d'efficacité que les résidus se trouvaient être des protéines de poisson presque pures. Ce genre de trouvaille inattendue est à l'origine de bien des progrès; le génie consiste à reconnaître la nature et les possibilités de tels coups de fortune.

Quand ils établissent les programmes scientifiques de l'État, les administrateurs fédéraux ne se préoccupent pas de distinguer entre la recherche fondamentale et appliquée. Ils cherchent plutôt à fixer des objectifs, comme ceux qui sont esquissés dans l'introduction de ce chapitre, et ils s'appliquent à mettre en place des mécanismes pour la réalisation de ces programmes. Ils choisissent les directeurs de recherches, qui répartiront les tâches parmi le personnel selon la personnalité, les aptitudes et le rendement de chacun et en fonction des objectifs du programme global.

Toutefois, il ne s'agit pas seulement pour le laboratoire de l'État de lancer un programme de recherches actif et original, où les éléments de la recherche fondamentale et ceux de la recherche appliquée s'équilibrent. Il a une mission, et celle-ci nécessite généralement des travaux de

¹Kinzel, A.B. *Industrial research: why, who and what*. Terre des hommes; Conférences Noranda, Expo 1967; Univers. of Toronto Press, 1968.

²Rapport de la Fondation nationale des sciences des É.-U. *Technology in retrospect and critical events in science (TRACES)*. Washington, D.C., Décembre 1968.

développement technique. Mais il est si difficile de définir ce terme de façon précise que la plupart des statistiques des sciences considèrent la R & D comme une seule entité. Cependant, cette phase des travaux de recherche scientifique est indispensable pour que les résultats de la recherche profitent à la société, soit pour répondre aux besoins des chefs d'entreprises, soit pour tirer parti des occasions qui se présentent dans l'industrie. Pour mener à bien un programme équilibré, le directeur des recherches doit s'intéresser aux ramifications des travaux de son propre laboratoire, mais il doit aussi rester en contact avec les laboratoires des universités et l'industrie.

Se tenir au courant, d'une part, des résultats scientifiques, et de l'autre, des possibilités de développement technique dans l'industrie ou dans les services de l'État, est un travail difficile et souvent ingrat pour celui qui dirige un laboratoire de l'État. Il doit mettre au point un programme équilibré, et éviter que la recherche de nouvelles données pratiques ou de nouvelles informations scientifiques ne soit pas si terre à terre qu'elle stérilise l'imagination ni si scientifique qu'elle se perde dans l'abstrait et paraisse gaspiller l'argent du contribuable. Le problème est de compenser l'ardeur du chercheur à approfondir certains aspects de l'étude par l'intérêt plus élémentaire du directeur désireux d'obtenir la meilleure réponse possible actuellement. Si le scientifique désire obtenir des résultats fiables à 95 p. 100, en revanche le directeur doit souvent se contenter d'une probabilité plus faible: 50 ou 60 p. 100. Les *meilleures* façons de résoudre les différents problèmes ne constituent, en fait, que des sources continues de conflit. Une grande partie du chapitre VI est consacrée à de nombreux aspects de cette question, et on y formule quelques solutions importantes, bien que partielles. Il est à noter que les relations particulières qui existent entre le laboratoire et l'industrie sont si importantes pour la réussite d'un programme d'ensemble qu'elles méritent certaines remarques.

La symbiose de la science et de la technologie industrielle

On peut résoudre un certain nombre de questions d'ordre social et scientifique qui se posent à un stade quelconque du développement de la science et de la technologie. La solution exige ordinairement la mise au point de nouvelles techniques ou de nouveaux instruments et un surcroît d'informations scientifiques. À notre époque, le problème de la lutte contre la pollution fournit un bon exemple. Quels critères peut-on utiliser pour définir la pollution? Dans la plupart des cas, la science actuelle peut donner une réponse qui n'est pas définitive. S'il existe un critère, les technologues peuvent élaborer un mode de mesure de la pollution. Cependant, la poursuite des recherches sur les données recueillies peut mener à une nouvelle définition scientifique du critère. Ainsi, la science et la technologie agissent l'une sur l'autre et les résultats scientifiques paraissent n'atteindre jamais le stade d'exploitation technique. Si l'on se refuse à soumettre les résultats obtenus à un autre examen, à la lumière de l'expérience et des découvertes scientifiques, on obtient une technologie inférieure et des produits dépassés.

À présent, l'industrie admet la réalité de ce phénomène et outre le nombre croissant d'ingénieurs qu'elle engage, elle trouve avantageux d'utiliser aussi les services de scientifiques. L'océanologie constitue un cadre pour l'essor de certaines recherches dans l'industrie au sujet des produits alimentaires et pharmaceutiques et pour la mise au point de dispositifs électroniques visant à résoudre les problèmes du salissement et de la corrosion des coques de navires. Cependant, on note qu'en ces domaines maritimes, les scientifiques et les technologues appliquent des procédés et des techniques mis au point dans le cadre terrestre. En revanche, la recherche et le développement océanographiques traitent les océans comme un milieu spécial. On ne peut classer aisément les activités de recherche océanographique dans l'éventail des disciplines classiques. On ignore généralement les processus des

changements du milieu océanique aux caractéristiques spéciales, où l'homme ne peut vivre librement. Ce milieu est dense et en mouvement, mais les éléments chimiques et biologiques y sont dilués. Si l'on y applique inconsidérément des connaissances ou des techniques utilisées à terre, on risque d'obtenir des résultats décevants ou ridicules. La variété des problèmes préliminaires à affronter ou à vaincre explique que les industries ne peuvent faire face séparément aux difficultés que soulèvent les recherches et la technologie, sauf dans le cas de la prospection pétrolière, objectif simple et très payant. Aussi prennent-elles une attitude d'expectative.

Nous devons affronter une situation qui est loin d'être particulière au Canada, et qui peut avoir de grandes répercussions. Que la mer offre des richesses en grandes quantités est aujourd'hui indiscutable. Toutefois, sauf dans quelques cas, les aspects économiques de cette situation sont si obscurs, et les possibilités de rentabilité sont si éloignées, que l'industrie peut difficilement passer à l'action selon les règles de la comptabilité industrielle. C'est pourquoi les pouvoirs publics se doivent d'encourager l'industrie.

Les établissements de recherches existant actuellement ne peuvent guère poursuivre une idée prometteuse jusqu'au stade de l'atelier-pilote, ce qui permettrait à l'industrie d'évaluer ses perspectives économiques. Ainsi, le nouveau procédé de fabrication de concentrés de protéines de poisson a-t-il été mis au point par le laboratoire de l'ORP à Halifax, en partie grâce à l'aide de la Fondation de recherches de la Nouvelle-Écosse, alors à ses débuts. Les scientifiques responsables du programme avaient des raisons de croire qu'il offrait de bonnes perspectives économiques. Malheureusement, ni l'ORCP, ni le ministère des Pêches ne pouvait fournir l'argent nécessaire pour des travaux à l'échelle de l'atelier-pilote, et les industries de la pêche étaient dans une situation trop précaire pour apporter un concours actif. Finalement, les études techniques et de mise au point ont été achevées aux

États-Unis grâce à une série de contrats entièrement financés par l'État. Le procédé adopté a été le «Halifax». Certes, on est content de voir les Américains financer une usine de concentrés de protéines de poisson dans l'est du Canada, mais ce résultat montre que nous n'avons pas pu utiliser les résultats des recherches. Nous manquons évidemment des organes nécessaires; nous n'avons même pas entrepris certaines études techniques qui sont encore nécessaires à propos de ces concentrés de protéines.

On pourrait, actuellement, entreprendre certains travaux pour combler cette lacune, qui n'existe pas seulement dans le domaine de la pêche. Les organismes de l'État devraient diriger de nombreux relevés océanographiques pour dénombrer nos richesses. Mais l'État doit surtout s'assurer que les travaux sont exécutés avec les soins nécessaires s'il les confie à des firmes privées d'études océanographiques, qui exécuteront les levés hydrographiques, géophysiques et géologiques. Ces contrats offrent l'avantage de créer des équipes qualifiées capables d'effectuer ultérieurement les études beaucoup plus détaillées qui doivent précéder les investissements industriels. Cette œuvre n'est pas aisée. Dans le cas des levés hydrographiques, on a formé des équipes importantes d'experts entraînés et on a conçu de grands navires et un équipement coûteux pour effectuer des travaux techniques difficiles et minutieux. Si l'on veut passer des contrats à l'extérieur, il faut d'abord trouver une société prête à effectuer une mise de fonds importante. L'État doit alors offrir une garantie minimale pour permettre à l'opération de démarrer. Le ministère responsable doit augmenter sensiblement ses crédits et s'engager pour une longue durée, sans réduire de façon importante son propre personnel, car le service créé peut se révéler inefficace dans ses débuts et nécessiter un contrôle. Il est nécessaire d'obtenir une action concertée entre plusieurs ministères et à plusieurs niveaux de décision. De ce fait, le Service hydrographique ne peut guère faire démarrer le processus en son sein,

Tableau n° V.1—Prévisions du coût et coût réel des programmes d'expansion industrielle (en millions de dollars)

Programmes ou organismes	1967-1968		1968-1969		1969-1970	
	Prévisions	Dépenses	Prévisions	Dépenses	Prévisions	Dépenses
IRDIA ^a (I & C)		2.1	31.3	19.6	34.4	5.5 (6 premiers mois)
PAIT ^b (I & C)		6.4	9	4.3	11	1.7 (6 premiers mois)
IRAP ^c (CNRC)	6.9	6.4	7.3	7.1 (somme engagée)	6.8	?
DIR ^d (CRD)	4.5	4.5	4.5	4.3	4.5	(4.3)
DIP ^e (I & C)		22.9	32	30.1	37	11.6 (5 premiers mois)
Divers ^f (DN)		24.8		28.8		26.3

^aLoi stimulant la recherche et le développement scientifiques (I & C). Données extraites du compte rendu des débats des Communes, le 17 décembre 1969, p. 2066-2067.
^bProgramme pour l'avancement de la technologie industrielle (I & C). Données extraites du compte rendu des débats des Communes, *ibid.*
^cProgramme d'aide à la recherche industrielle (CNRC). Données extraites du mémoire du CNRC communiqué pour servir à l'étude du Conseil des sciences sur l'aéronautique.
^dRecherches industrielles pour la défense (CRD). Données extraites du rapport du Comité de la politique scientifique du Sénat, n° 4, p. 435, et communiquées par le CRD (à titre personnel).
^eProductivité industrielle pour la défense (I & C et DN). Données extraites du compte rendu des débats des Communes, *ibid.*
^fAide à l'industrie fournie par le DN pour des travaux de R & D. Données extraites du rapport du Comité de la politique scientifique du Sénat (n° 4, p. 600), et communiquées par le CRD (à titre personnel).

bien que les fonctionnaires responsables aient déjà montré leur préférence pour cette méthode en accordant des contrats importants à certaines universités désireuses d'améliorer l'analyse des données et de dresser les cartes marines au moyen d'un ordinateur.

Récemment, le Laboratoire d'océanographie atlantique de l'Institut Bedford se préparait à accorder un contrat à une société privée de géophysique. Or, l'ampleur des problèmes qu'a affrontés la société pour se préparer à exécuter ce contrat souligne une fois de plus l'insuffisance de nos mécanismes actuels. Il est clair que le secteur privé est le mieux placé pour juger de la rentabilité d'une entreprise. Il faudra qu'on étende sensiblement les moyens de recherche et d'études techniques de ce secteur. Le programme des années 1970 doit favoriser cette extension parallèlement à celle des efforts des organismes de l'État et des universités.

Le gouvernement a mis en œuvre certains programmes visant à multiplier les travaux de R & D dans l'industrie canadienne. On ne dispose pas de statistiques séparées sur les industries s'occupant d'activités marines, mais le tableau n° V.1 donne quelques évaluations récentes des frais totaux des programmes.

Le tableau montre tout d'abord que les

programmes de stimulation de la recherche industrielle mis en œuvre par le ministère de l'Industrie et du Commerce n'ont guère obtenu de succès auprès de l'industrie, en dépit de l'intention du gouvernement. Cependant, les subventions accordées directement à certains programmes de recherches par le CNRC et le CRD ont eu beaucoup de succès. Il en a été de même des subventions octroyées par le ministère de l'I & C et celui de la DN aux programmes de R & D pour la défense.

Une Étude spéciale réalisée pour le Conseil des sciences¹ a donné un certain nombre de raisons expliquant cette situation, et nous n'en traiterons pas en détail. Les programmes ont été modifiés pour répondre aux critiques formulées. L'important, pour notre exposé, c'est que les programmes d'expansion de la R & D du domaine civil ne joueront probablement qu'un faible rôle en océanologie, où les projets de R & D sont onéreux, sauf si la firme intéressée peut faire de gros investissements et qu'elle soit assurée de conquérir une bonne part des débouchés ou de se les réserver. Ce dernier cas est celui des programmes de mise au point de pro-

¹Wilson, A.H. «L'invention dans le contexte actuel», Étude spéciale réalisée pour le Conseil des sciences, Ottawa 1970.

duits ou appareils destinés aux Forces armées; l'État souscrit une grande partie des investissements que l'industrie effectue pour ses activités de R & D. Il faut donc résolument soutenir les programmes de R & D des industries marines jusqu'à leur conclusion, soit la fabrication et la vente, afin de consolider les premiers stades d'expansion industrielle. Grâce aux résultats de l'enquête approfondie que nous avons effectuée au cours de cette étude sur les activités marines, et aux mémoires présentés par plusieurs firmes marines très actives mais sans traits communs, nous concluons que le gouvernement fédéral doit créer sans retard une Société canadienne pour l'exploitation de l'océan, chargée spécialement de planifier, financer et administrer des programmes spéciaux auxquels participeraient conjointement les scientifiques et l'industrie. Au chapitre VI, nous exposons les raisons de ce choix avec plus de détail et nous indiquons quelles pourraient être les attributions de cette société.

Deux grands domaines de concentration des activités océanologiques canadiennes

D'après ce qui précède, il apparaît clairement que les sciences et la technologie de la mer possèdent de nombreuses ramifications. En raison de la croissance rapide de ce secteur, il faudra fournir un bon nombre de services de levés et de prévisions météorologiques et améliorer les méthodes et les moyens utilisés. Les océanologues devront élaborer des méthodes et recueillir des données permettant de mieux exploiter les richesses naturelles, d'empêcher la pollution, de rehausser la qualité du milieu ambiant et d'indiquer de nouvelles possibilités à l'industrie. Toutes ces exigences, parmi d'autres, pèseront lourdement sur les scientifiques et les ingénieurs des universités, de l'État et de l'industrie.

Il est malaisé de coordonner les différents programmes et il n'est pas particulièrement souhaitable de le faire complètement. On a déjà noté des lacunes dans la

communication de l'information et les principes directeurs, et il s'en produira d'autres à l'avenir. Afin de diminuer ces difficultés et d'encourager des réalisations scientifiques et technologiques, dont non seulement nos chercheurs, mais tous les Canadiens pourront être fiers, nous proposons que de nombreuses activités des sciences et de la technologie de la mer visent quelques objectifs bien définis, qui puissent être atteints dans des délais raisonnables.

Nous allons esquisser deux projets qui, à notre avis, ont une portée vraiment scientifique et sociale. Dans les deux cas, il faudra faire appel aux divers talents et compétences et les experts de différents organismes pourraient y participer. Dans les deux cas, on espère que le savoir-faire technologique acquis au cours des travaux pourra s'appliquer à la résolution de problèmes voisins. C'est en fait ce dernier avantage qui devrait nous inciter à procéder de la façon indiquée.

1. La banquise hivernale du golfe du Saint-Laurent

Nous avons déjà indiqué que le golfe du Saint-Laurent subissait de façon notable l'influence des variations du débit du fleuve et des autres cours d'eau de la région. Il est vraisemblable que ces changements ont eu jusqu'ici une influence sur la banquise hivernale du golfe. Mais nous pensons que grâce à des travaux de génie judicieusement conçus, nous pourrions maîtriser l'englacement du golfe. La quantité de glace ne dépendrait plus de causes naturelles mais de décisions au niveau gouvernemental. Non seulement pourrait-on régulariser l'apport d'eau douce, mais aussi le volume et la nature du courant du détroit de Belle-Isle, de même que le mélange des eaux inférieures salées avec les eaux supérieures saumâtres. Si l'on pouvait déterminer les facteurs cruciaux de l'ensemble, et agir sur eux, le coût de l'opération de régulation pourrait être maintenu dans des limites raisonnables.

Le maîtrise de la nappe de glace constituerait le premier essai sérieux de régulation climatique effectué dans le monde.

La maîtrise de l'épaisseur de la nappe de glace et de sa répartition pourrait influencer sur des aspects déjà importants de l'économie canadienne, ou qui le deviendraient, tels les transports maritimes dans le golfe, l'industrie forestière dans le Nouveau-Brunswick et à Terre-Neuve, la pêche, les forages pétroliers, et les industries de l'agriculture et du tourisme de l'Île du Prince-Édouard.

Il faudrait entreprendre l'étude théorique des répercussions économiques et sociales que pourraient avoir les modifications de la nappe de glace. Si, comme il est vraisemblable, il est avantageux tant économiquement que sociologiquement de réduire la nappe de glace, il faut faire une étude océanographique et technologique des moyens d'action. On pourrait alors déterminer le rendement d'une telle opération, et s'il était favorable, il ne faudrait pas hésiter à passer à l'action.

Nous proposons d'entreprendre l'étude de la banquise hivernale du golfe du Saint-Laurent pour plusieurs raisons: son importance économique, l'emplacement avantageux des centres océanographiques actuels, et le fait qu'une telle étude pourrait contribuer à résoudre des problèmes similaires que l'on peut rencontrer dans l'Arctique. Les connaissances que l'on acquerra sur l'influence de l'apport d'eau douce sur la formation de la glace, les conditions météorologiques et le climat, seront particulièrement importantes. C'est pourquoi l'étude du golfe permettra de résoudre les problèmes beaucoup plus importants et complexes de la baie d'Hudson et de l'Arctique.

Il s'exerce de fortes pressions économiques en faveur de l'utilisation en Amérique du Nord de l'eau douce qui s'écoule à présent dans la baie d'Hudson. Il s'agirait de dériver ces eaux vers le sud afin de les utiliser à l'avantage des Canadiens, ou même de les vendre. Mais, comme nous l'avons indiqué précédemment, il est certain que la faible salinité de l'eau de la baie résultant de l'apport d'eau douce joue un grand rôle dans la formation de la glace, sa nature et sa persistance. La répartition de la nappe de glace a des

effets secondaires importants, notamment sur le climat des régions environnantes. Il est tout à fait possible que la réduction délibérée de la nappe de glace de la baie d'Hudson nous procure des avantages de longue durée. Il se peut également que cette opération faite aveuglément tourne à notre désavantage. Sur une échelle encore plus grande, l'U.R.S.S. a élaboré des plans complets de dérivation du cours des grands fleuves de l'Arctique en direction de la mer Caspienne. Nous devons être prêts à évaluer les répercussions que de tels travaux pourraient avoir sur notre climat, dans le cadre de notre examen des grands programmes hydrologiques terrestres. Ces études à la fois hydrologiques, océanographiques et atmosphériques ont une importance évidente pour la nation. Le projet du golfe du Saint-Laurent permettrait de les aborder et il doit constituer un aspect important de notre programme scientifique national.

2. L'aménagement du détroit de Géorgie

Nous avons indiqué au chapitre I que des conflits d'intérêts dans l'utilisation des terrains et des eaux du détroit de Géorgie gênent déjà l'essor de cette région. Cette dernière est unique au Canada, car elle constitue la seule concentration urbaine sur le littoral. Vancouver est l'une des agglomérations qui grandissent le plus rapidement au Canada, mais une de ses caractéristiques est de disposer d'un espace vital très restreint. C'est pourquoi la demande d'aménagements récréatifs croît très rapidement. Les eaux maritimes abritées qui s'étendent de la région des îles du Golfe, au sud, jusqu'au détroit d'Hécate, au nord, auront certainement à jouer un rôle important en ce domaine.

Cependant, la région a d'autres atouts naturels que les possibilités récréatives. Elle renferme des parages de pêche importants depuis longtemps. Elle constitue une grande voie de transport du bois d'œuvre, et on y trouve le port le plus important du littoral pacifique. Un des groupes indigènes les plus nombreux de notre pays subsiste dans le nord de la région grâce à l'exploitation des ressources

de la pêche et des forêts. La région contient peut-être des ressources pétrolières sous-marines. Elle est menacée de nombreux dangers de pollution.

Du point de vue océanographique, l'influence dominante dans le détroit est celle des eaux du Fraser. Cette décharge d'eau douce, qui transporte de fortes quantités de limon et de substances minérales et organiques, s'écoule dans le détroit en empruntant trois chenaux creusés dans le grand delta qui s'est formé. Son influence sur une grande partie des eaux de surface découle de sa répartition dans le delta. Ses eaux se mélangent à une grande quantité d'eau plus profonde et les entraînent. Il en résulte un fort courant de fond en sens contraire, pour compenser le courant d'eaux saumâtres à la surface. Le mélange est à l'origine d'une riche productivité biologique; le mouvement des eaux dilue et entraîne les matières polluantes.

Depuis quelques années, l'ensemble de ces processus a été étudié en détail par divers groupes de scientifiques et de technologues. On connaît bien les caractéristiques océanographiques, mais non le déroulement chronologique des divers phénomènes, ni la dépendance de la productivité biologique à l'égard des différents paramètres physiques ou des polluants. Les études passées ont surtout concerné les problèmes d'aménagement piscicole et la préservation des pêcheries commerciales.

Du fait de la croissance rapide de la population de cette zone, l'utilisation collective du milieu marin et de ses ressources changeront rapidement. Par ailleurs, il est tout à fait possible de modifier les conditions océanographiques de la région au moyen de travaux de génie qui dériveraient ou régulariseraient l'écoulement des cours d'eau, par creusement ou barrage des chenaux ou par aménagement du littoral. Compte tenu de l'évolution du contexte social, certains de ces changements pourraient être souhaitables, mais d'autres ne le seraient pas. On ne peut évaluer leurs répercussions sur l'environnement que par une étude d'ensemble

coordonnée. Certains travaux sont déjà en cours, qui pourraient contribuer largement à l'appréciation synoptique de la situation.

Dans de nombreuses parties du monde, on a envisagé d'étudier globalement le milieu, et on a entrepris certains travaux dans la zone de New York et de Long Island et dans la région de la baie de San Francisco. Toutefois, c'est la région qui nous intéresse qui offre les perspectives les plus avantageuses pour l'aménagement coordonné de l'écosystème. Les gouvernements fédéral et provinciaux pourraient joindre leurs efforts dans les domaines économique, social et technologique; ils pourraient collaborer avec les départements des sciences naturelles des universités, les laboratoires de recherche de l'État et l'industrie, à la formation d'une équipe d'experts dont les services seraient fort en demande dans de nombreuses parties du monde. De cette façon, cette partie de la Colombie-Britannique pourrait être une région-pilote pour la nouvelle discipline de l'aménagement du milieu. Cette étude, axée sur la productivité des eaux et la possibilité d'utiliser celles-ci à des fins économiques et sociales, pourrait fournir un modèle pour l'essor futur du Canada; elle pourrait aussi permettre d'exporter profitablement le savoir-faire technologique en aménagement du milieu, que les groupes d'experts auraient acquis.

Si les deux projets esquissés ci-dessus ont pour élément central l'étude d'un grand ensemble océanographique, ils touchent, par ailleurs, à d'autres aspects des sciences du milieu, en particulier à l'hydrologie des grands bassins et aux phénomènes météorologiques connexes. Ils nécessitent une association étroite des études sociales et économiques, car toute grande modification de l'ambiance a des effets importants sur la région avoisinante. C'est pourquoi nous proposons que les projets ainsi que leurs répercussions possibles fassent l'objet d'examen approfondis. Ceux-ci pourraient avoir lieu lors de séminaires qu'organiseraient des organismes tels que le Conseil canadien des

ministres des ressources, et auxquels participeraient des spécialistes et le public. Il s'agirait d'exposer les différents points de vue et les prévisions concernant tout aménagement d'un grand écosystème. Il serait bon que le gouvernement fédéral désigne alors un comité spécial de direction pour chaque projet. Ces comités pourraient inviter les organismes de l'État, les universités et l'industrie à faire des propositions de recherches qu'on soumettrait à une étude de praticabilité et de rentabilité. Le ministère chargé de cette étude devrait être l'un des grands ministères de gestion. Il faudrait qu'après une période de préparation d'environ deux ans, il puisse indiquer au gouvernement si les projets peuvent et doivent être entrepris. Dans le chapitre qui suit, nous traitons des questions ayant trait à l'administration et l'organisation.

Chapitre VI

Organisation et administration

Dans les pages qui précèdent nous avons émis l'opinion que les sciences et certaines technologies de la mer pouvaient être considérées comme des éléments du domaine interdisciplinaire plus vaste des sciences du milieu ambiant, auxquelles on pourra associer bientôt les techniques de l'aménagement du milieu. La création de sciences interdisciplinaires s'est révélée un phénomène fréquent et l'on peut prédire que l'on en verra un certain nombre d'autres exemples. Les laboratoires scientifiques classiques découvrent de nouveaux problèmes qui doivent être étudiés sous plusieurs angles. Cette nécessité apparaît bientôt aux universités qui créent de nouveaux départements interdisciplinaires. À la longue, on oublie l'aspect «interdisciplinaire». La biochimie et la biophysique sont des exemples familiers de cette situation, et on entend de plus en plus parler de la biogéochimie. Quand on applique ces anciennes et ces jeunes disciplines au milieu naturel, de nouvelles combinaisons naissent. Ainsi, nous nous familiarisons avec des expressions telles que : sciences agricoles et sciences halieutiques (concernant la pêche). L'organisation de ces domaines a posé quelques problèmes aux universités qui ont réagi en créant de nouveaux départements et instituts, ou encore des facultés entières, pour répondre aux nouvelles exigences.

Nous n'entendons pas discuter ici des problèmes d'organisation qui se posent aux universités. Ce que nous voulons souligner, c'est que les mêmes phénomènes influencent inévitablement l'organisation des services de l'État. À mesure que nous approfondissons chaque sujet et que nous commençons d'appliquer de plus en plus largement les connaissances que nous acquérons grâce aux sciences interdisciplinaires, les divisions organiques classiques correspondant aux divers ministères deviennent floues. Il faut commencer par préciser à nouveau les raisons d'existence des ministères. Certains peuvent alors être complètement ou partiellement réorganisés. Au cours d'un dernier stade apparaissent des comités et des mécanismes interministériels plus ou moins officiels.

Ceux-ci, dans les domaines scientifiques financés par l'État, ont parfois bénéficié d'une large autonomie. Les sciences interdisciplinaires ont presque toujours des possibilités d'application importantes. Quand un domaine interdisciplinaire, vaste et caractérisé, prend corps, les technocrates s'avisent de la prolifération du nombre de ministères intéressés. On ne peut contenir ce phénomène. Il faut plutôt étudier la mise en place d'autres structures au sein de l'État.

Ce problème se pose actuellement dans le domaine des sciences et de la technologie de la mer. Dans un mémoire qu'il nous a soumis aux fins de cette étude, un ministre fédéral a indiqué que plus de 30 organismes fédéraux, 5 universités et environ 100 sociétés menaient des activités importantes en océanologie et génie océanique au Canada. Après avoir effectué notre étude, nous pouvons dire que ces évaluations sont trop prudentes, au moins en ce qui concerne les universités et le secteur privé; en outre, nous estimons qu'il faut ajouter un nombre important d'organismes provinciaux. Cependant, ces chiffres reflètent bien les aspects multiples de l'intérêt que le vaste secteur fédéral accorde à la mer. Il apparaît aussi clairement combien il devient difficile d'obtenir une définition unique et complète de la politique à suivre dans le domaine de l'océanologie et de la technologie océanique, ou d'élaborer un programme coordonné de façon à répondre à tous les besoins.

Devant cette situation, il est possible de suivre deux voies divergentes. Dans le premier cas, on peut demander la création d'un seul organisme, possédant une seule voix et menant à l'égard de la mer une action «harmonisée», fondée sur l'unicité de ce milieu naturel. Dans le cadre d'un tel arrangement, le traditionaliste aurait d'étranges collaborateurs. C'est pourtant le genre de solution que le gouvernement canadien a appliqué aux Forces armées. C'est aussi ce que préconise la Commission américaine des sciences, de la technologie et des ressources de la mer¹, après une étude très approfondie et complète. Si les États-Unis

suivent cette recommandation, l'expérience qu'ils acquerront sera pour nous. Toutefois, nous estimons qu'actuellement cette façon de procéder ne s'impose pas et n'est pas la meilleure pour le Canada.

À l'opposé, on peut négliger d'effectuer toute planification, d'élaborer tout programme ou projet de budget, sous prétexte que les responsabilités concernant les problèmes de la mer ont déjà été réparties. Cette façon de faire ne tient pas compte que la plupart de ces responsabilités concernent des domaines ayant en commun de nombreux problèmes. L'absence de coordination peut aboutir au fractionnement de budgets insuffisants selon l'ordre de priorité fixé dans chaque ministère, d'après des normes particulières et étroites. Le recours au rationnement budgétaire ne peut qu'être cause de graves lacunes et d'erreurs qui nuiraient au développement de nos connaissances du milieu et à l'élaboration de la politique en ce domaine. C'est sans doute en partie afin d'éviter de tels problèmes et d'empêcher un processus désordonné de développement que le Comité canadien d'océanographie (CCO) a demandé au Conseil des sciences d'entreprendre la présente étude.

Le problème a été examiné en détail par la Commission Glassco² qui a admis que certains ministères comme ceux des Pêches et de la Défense devaient se livrer à des travaux de recherches marines. Mais cette Commission a aussi établi l'intérêt spécial que l'État doit porter aux aspects de l'océanographie qui «ne sont pas liées à l'exploitation directe», les obligations du gouvernement à ce sujet ont été également soulignées. Cette tâche avait été assumée, avant la création de la Commission, par le ministère des Mines et Relevés techniques qui avait constitué une direction des sciences de la mer et fait construire

¹Our nation and the sea: a plan for national action. Rapport de la Commission des sciences, de la technologie et des ressources de la mer. Washington, D.C., janvier 1969.

²La Commission royale d'enquête sur l'organisation du gouvernement. La recherche scientifique et les applications. Volume 4, Rapport n° 23. Ottawa, 1963.

l'Institut Bedford. En fait, la plupart des besoins reconnus par la Commission ont déjà été satisfaits pour la côte atlantique du Canada et il existe des plans d'action pour la côte pacifique. Il est à l'honneur des ministères intéressés et de la Commission que les arrangements conclus ont été salués par les scientifiques comme des succès retentissants. Cependant, au cours de la décennie qui a suivi l'enquête de la Commission, notre situation a connu une évolution impressionnante. Le développement des connaissances océanographiques nous a conduit à l'orée d'applications très importantes. Ainsi, l'actuel ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources ne peut plus se contenter d'être un organisme central d'administration s'occupant de la recherche et assurant l'exécution de programmes «sans rapports avec un ministère quelconque»; il a la possibilité, et peut-être le devoir, d'aider le pays à tirer profit des applications majeures des résultats de la recherche. Comme on pouvait s'y attendre, les besoins d'informations marines ont également augmenté pour beaucoup d'autres ministères qui se trouvent chargés des applications correspondantes. Nous soulignons qu'il faut mettre en place d'urgence des mécanismes efficaces pour utiliser les connaissances en océanologie et génie marin dans des activités industrielles qui promettent d'être importantes; il est également nécessaire d'encourager l'industrie, notamment le secteur secondaire, à se développer de façon rapide et continue.

Peut-être ne pensions-nous pas vraiment il y a dix ans que cette situation pourrait se produire. C'est pourtant le cas, et cette évolution heureuse exige que l'on procède à des remaniements administratifs qui permettront au gouvernement d'agir. La voie que nous recommandons nécessite des initiatives importantes, mais sous beaucoup de rapports, il s'agira d'étendre et de reconnaître officiellement des pratiques déjà en cours. Nous estimons que le système actuel peut fonctionner et doit suffire pour le moment, pourvu que l'on procède à des remaniements fondamentaux dans des délais assez brefs.

Cependant, il s'agit là d'un domaine que les experts chargés d'étudier l'organisation du gouvernement pourraient examiner à nouveau dans cinq ans à la lumière des événements ultérieurs.

La haute direction des organismes fédéraux

Il existe un certain nombre de raisons, en général évidentes, pour lesquelles le gouvernement fédéral doit jouer un rôle central. Le champ des activités est si vaste qu'aucun autre secteur ne pourrait en embrasser tous les aspects. Dans bien des situations particulières, les conditions du succès des opérations, ou les conséquences de celles-ci, sont si obscures et complexes que seuls les gouvernements ont les ressources nécessaires pour procéder à des investissements à long terme. Mais là où les objectifs et les promesses apparaissent clairement, l'absence de délimitation des droits de propriété sur le plan international, national et individuel exige souvent que le gouvernement fédéral intervienne; il aura à créer des conditions permettant la prospection, l'exploitation et la gestion efficaces.

Les nombreux organismes fédéraux qui ont des responsabilités importantes dans le domaine de l'océanologie et de technologie océanique se trouvent placés sous l'autorité de 14 ministres, si l'on compte le Président du Conseil du Trésor. La liste s'établit comme suit:

Organismes représentés au CCO:

1. Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources
2. Ministère des Pêches et Forêts
3. Ministère de la Défense nationale
4. Ministère des Transports
5. Conseil national de recherches (laboratoires et services du soutien aux universités).

Organismes ayant un observateur au CCO:

6. Ministère de l'Industrie et du Commerce
7. Ministère des Travaux publics
8. Ministères des Approvisionnements et Services

9. Ministère des Affaires extérieures
10. Ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien
11. Secrétariat d'État du Canada (section du Musée national)
12. Ministère de la Santé nationale et du Bien-être social
13. Ministère de l'Expansion économique régionale
14. Conseil du Trésor.

Les cinq premiers ministères sont chargés d'assurer le fonctionnement permanent de centres de recherches qui effectuent des travaux offrant un intérêt immédiat et relevant plus ou moins étroitement de leurs fonctions. Presque tous les autres ministères ont besoin des données que fournit la recherche; les douze premiers se livrent, ou se sont livrés à des activités ayant trait à la R & D océanique. Les principales activités de recherche, dont la plupart nécessitent des navires, sont coordonnées par le Comité canadien d'océanographie (CCO), organisme non officiel réunissant des hauts fonctionnaires des cinq ministères fédéraux cités. Chaque représentant doit disposer du pouvoir de prendre des mesures à l'intérieur de son ministère. Au sein du comité siègent également les directeurs des quatre principaux instituts «océanographiques» universitaires (nous y incluons aussi l'Institut des Grands Lacs) de l'Université de la Colombie-Britannique, de l'Université de Toronto, de l'Université McGill et de l'Université Dalhousie. On note également qu'un certain nombre d'observateurs assistent aux séances du comité.

Le CCO a succédé à un organisme appelé «Comité mixte d'océanographie» (JCO), fondé conjointement en 1945 par le ministère de la Défense et le ministère des Pêcheries. Il s'agissait de remédier à la situation suivante: la marine de guerre avait besoin de données océanographiques pour les opérations de ses navires, et, par ailleurs, les seuls océanographes canadiens qualifiés étaient ceux de l'Office des recherches sur les pêcheries (ORP) qui, à l'époque, ne possédaient pas de navires en propre. Les relations entre les deux organismes furent fructueuses pour chacun

d'eux et aboutirent, avec la collaboration des laboratoires de l'ORP sur les côtes Est et Ouest, à la création de groupes d'océanographes capables de se livrer à des recherches océanographiques permettant de répondre aux besoins de la pêche et de la marine de guerre. Celle-ci fournissait les navires; les scientifiques, le personnel exécutant et les installations provenaient de l'ORP.

Les données océanographiques ne sont pas importantes uniquement pour la pêche et la défense nationale; ainsi, le ministère des Transports fut représenté très tôt au sein du comité. Il a fallu également assurer la formation des océanographes et le CRD du ministère de la Défense, conjointement avec l'Université de la Colombie-Britannique, créa le premier institut d'océanographie en 1948. Il était devenu de plus en plus évident que ce domaine scientifique se développerait énormément. À la même époque, le président de l'ORP refusa d'étendre l'action de son organisme pour traiter de problèmes, qui selon lui, dépassaient ses attributions (fait remarquable, en lui-même!). C'est ainsi que le ministère qui est devenu celui de l'Énergie, des Mines et des Ressources, entreprit un grand programme portant sur les aspects de l'océanographie physique. Sa direction de l'hydrographie effectuait déjà des levés marins. Il construisit des installations modernes de recherche à Dartmouth (Nouvelle-Écosse), les dota de personnel et de navires-laboratoires perfectionnés. Le Conseil national de recherches contribua à l'exécution du programme en finançant l'Institut d'océanographie de l'Université Dalhousie. Aujourd'hui, le CNRC est chargé d'octroyer la plus grande partie des fonds que le gouvernement fédéral accorde aux quatre centres universitaires. Les laboratoires du CRD exécutent certains travaux intéressants particulièrement la défense nationale, dans le cadre du programme global. Dans une partie ultérieure de ce chapitre, nous traiterons des accords qui interviennent au niveau de l'exécution.

Le CCO est un organisme non officiel, c'est-à-dire sans statut juridique reconnu.

Sa formation (comme celle du JCO) résulte du besoin de collaborer d'un organisme de recherche et d'un organisme de gestion du secteur public. La nécessité pressante d'acquérir des connaissances en océanographie a provoqué son expansion. Après sa formation, il s'est préoccupé d'élaborer un programme de recherches océanographiques pour résoudre la plupart des problèmes pouvant se poser aux ministères. Son action coordinatrice a été efficace, dans le cadre de la politique générale du gouvernement visant à charger le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources des travaux du programme concernant la physique et à confier à l'Office des recherches sur la pêche ceux qui relèvent de la biologie. Sa fonction principale a été de fournir des installations pour l'exécution des programmes de recherche. Cette tâche est effectuée surtout par les groupes de travail régionaux—un sur chacune des côtes et un sur les bords des Grands Lacs. Ces groupes de travail régionaux réunissent les responsables des gouvernements locaux, les laboratoires universitaires et d'organismes disposant d'avions ou de bateaux; leur tâche principale consiste à organiser l'utilisation du parc de navires qui est décrit ailleurs. Un quatrième groupe de travail, «le Groupe d'étude de la glace des eaux navigables» a accompli une tâche différente, celle d'encourager la réalisation de programmes de recherches sur la glace des régions telles que le golfe du Saint-Laurent, la baie d'Hudson et les Grands Lacs.

Le CCO, en tant qu'organisme bénévole non officiel, composé de hauts fonctionnaires, ne discute généralement pas du bien-fondé d'un projet proposé par un ministère. Les membres préfèrent évaluer les projets en fonction des responsabilités de leurs propres ministères et des besoins collectifs. Le CCO évalue aussi la pertinence des projets universitaires pour les différents ministères, en tenant compte des installations utilisables. On met ensuite au service des groupes universitaires les navires dont disposent certains organismes gouvernementaux. Le CCO a également contribué au lancement et au

fonctionnement d'un programme coordonné de recherches de grande valeur scientifique, dont l'intérêt social est certain. L'œuvre du «Groupe d'étude de la glace des eaux navigables» est un exemple frappant de ce qu'on peut faire sans organisation officielle.

Toutefois, le programme du CCO n'embrasse pas tout le domaine de l'océanologie. Les tâches qui relèvent entièrement d'un ministère sont assurées par ses services. Les membres du comité sont informés des programmes, problèmes et besoins actuels en océanographie, grâce aux données rassemblées par le secrétariat formé de fonctionnaires qui y consacrent une partie de leur temps. Le CCO n'a pas le pouvoir de régler les querelles de juridiction entre ses membres, mais il peut tenter de persuader l'un d'entre eux de modifier une action unilatérale. Les demandes de financement sont transmises au Conseil du Trésor par chaque ministre dont le département mène à bien une section du programme de recherches. Il est clair que ce système ne permet guère d'obtenir des recommandations techniques sur la façon d'élaborer un programme national d'océanologie et de technologie océanique.

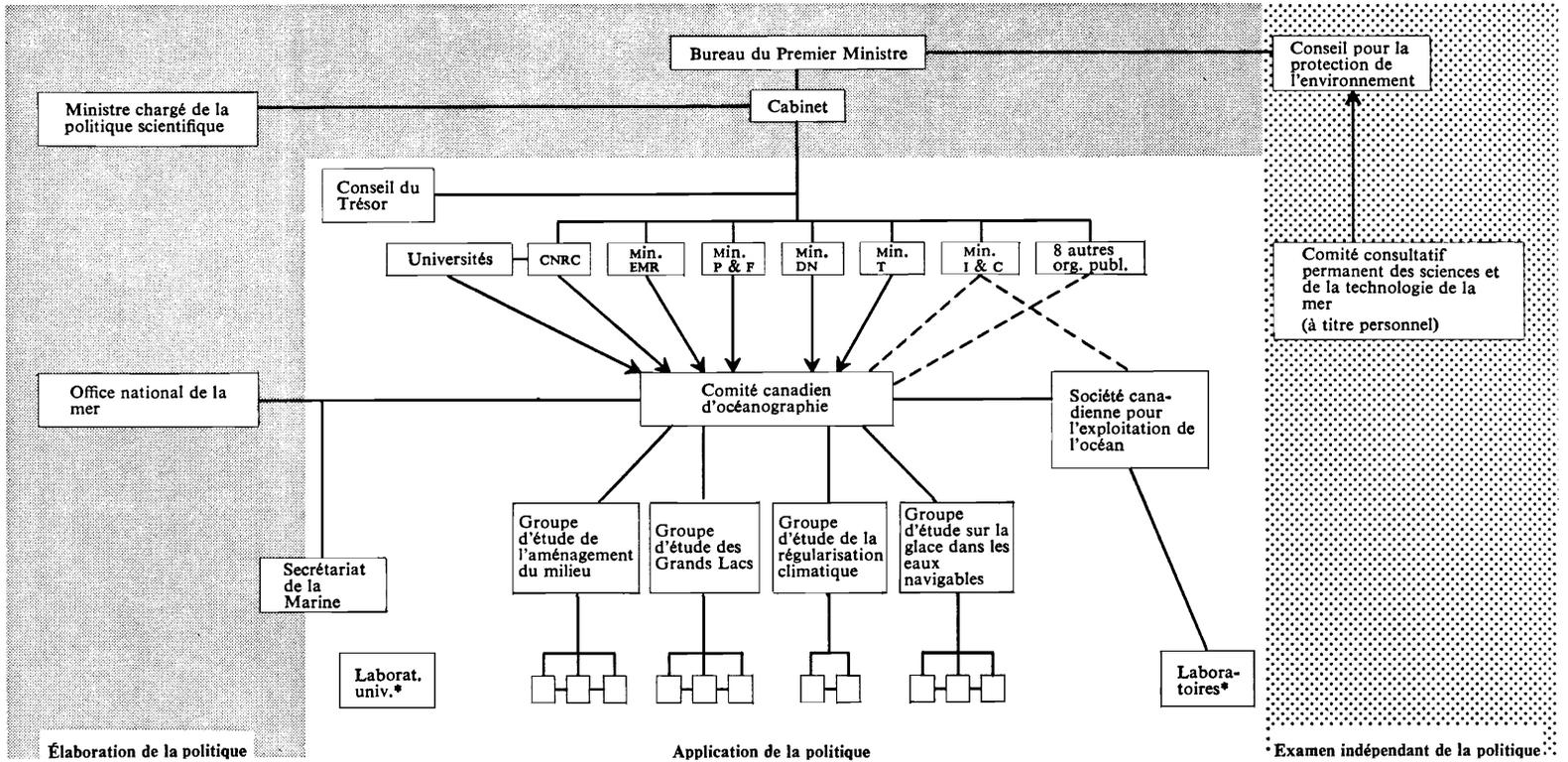
En outre, le domaine des débats du CCO ne s'étend qu'aux programmes de recherche. Cela pouvait se comprendre par le passé. S'il y a toujours eu au Canada des entreprises maritimes, elles étaient en nombre relativement restreint. Si l'on exclut le domaine de la pêche, et dans une certaine mesure celui de la défense, ces activités n'ont guère fait appel à la recherche. Récemment, cette situation a fortement évolué en raison de l'intérêt croissant soulevé par le pétrole sous-marin : ces chargements se sont produits grâce aux liens traditionnels qui unissent l'industrie avec la Commission géologique du Canada et son prolongement, l'Institut Bedford. Cependant, les ministères intéressés n'ont que très peu de relations avec les industries de fabrication et de construction à l'avenir prometteur, qui ont dès maintenant un rôle à jouer. Le CCO s'est avisé de cette situation et a

invité le ministère de l'Industrie et du Commerce à envoyer un délégué à ses délibérations. Ce représentant, qui est le directeur d'une des 38 divisions du ministère, siège en qualité d'observateur. Par ailleurs, le secrétariat du CCO a entrepris de rassembler des données sur les activités de recherches des industries maritimes. Il est évident que ces mécanismes seront insuffisants pour résoudre les nouveaux et importants problèmes qui se poseront au secteur privé.

Nous estimons que le renforcement et l'agrandissement de la division des industries maritimes du ministère de l'I & C contribuerait à encourager l'industrie secondaire. Avec un personnel restreint, un certain nombre de ministères effectuent un excellent travail dans le domaine marin. Cependant, ce secteur connaît une croissance particulièrement rapide, et il importe de formuler et de mettre en œuvre des politiques nationales pertinentes.

Il est évident que les sciences et la technologie de la mer ont un rôle important à jouer sur le plan international. Une des fonctions du CCO a été de conseiller le ministère des Affaires extérieures pour permettre au Canada d'être représenté de façon convenable dans les activités océanographiques internationales. Les représentants sont choisis dans les services de l'État et les universités. Ils rédigent des rapports sur les activités internationales et l'on s'efforce d'en tenir compte dans l'élaboration des programmes nationaux, chaque ministère accomplissant sa part de travail selon ses moyens et son domaine de compétence. Le comité n'examine pas les problèmes très importants de compétence et de souveraineté.

Il semble, toutefois, que notre participation aux activités océanographiques internationales ait été décidée plus selon les circonstances qu'il n'était désirable. On a noté l'absence de mécanismes d'élaboration d'une politique permettant aux ministères et aux universités de tenir compte des besoins futurs sur le plan international, lors de l'établissement de leurs programmes. Par ailleurs, et contrairement peut-être au ministère des Pêches et Forêts, on



Note: Par souci de clarté, nous n'indiquons pas les relations directes qui existent entre les échelons les plus élevés des ministères et les laboratoires ou organismes qui en relèvent.

*Les laboratoires des universités et de la SOCALO ont des relations réciproques avec les autres laboratoires et les groupes d'étude.

a constaté qu'un bien faible courant d'informations parvenait en retour au ministère des Affaires extérieures, au sujet des problèmes scientifiques et technologiques qui peuvent requérir de nouvelles activités sur le plan international.

Le CCO est un organisme qui a fortement contribué au développement des recherches canadiennes dans le domaine marin. Il a pu s'adapter aux conditions changeantes et obtenir des résultats tangibles dans son propre domaine d'action. Il a eu aussi conscience de ses faiblesses. Quand il s'est aperçu qu'on avait de plus en plus besoin de données et de services océanographiques, alors que le gouvernement appliquait une période d'austérité budgétaire, il a demandé que le Conseil des sciences entreprenne la présente étude. Quand nous avons examiné les problèmes d'organisation, nous avons bénéficié des conseils de la majorité des membres du CCO, en plus des autres sources.

À la figure n° VI.1, nous présentons dans un organigramme ce qui nous paraît le minimum indispensable pour répondre aux problèmes d'élaboration et d'exécution d'une politique marine. Le centre de l'organigramme, qui embrasse la mise en œuvre de la politique la présente comme assez semblable à l'organisation actuelle. Les ministères sont considérés comme les organes directeurs des opérations, dont les représentants se réunissent au sein du CCO pour mettre en œuvre un programme commun. Cela suppose que le CCO s'occupe de la mise en œuvre de projets élaborés en fonction des lignes de conduite antérieures. Les discussions des représentants des ministères portent surtout sur la recherche, mais nous croyons que dans le cadre d'une politique appropriée, ils pourraient collaborer efficacement à des programmes de développement technique. Cependant, nous soutenons que le CCO doit être considéré surtout comme un organe interministériel chargé d'appliquer les politiques fédérales. La représentation des universités au sein du CCO est très importante, mais les instituts universitaires devraient se demander s'il est bon qu'ils soient tous représentés,

ou s'ils pourraient l'être par roulement. Leur principale contribution se situerait alors au niveau des groupes de travail. Une des principales fonctions du CCO serait de veiller à ce que tous les moyens disponibles se multiplient suffisamment pour répondre à la fois aux besoins des programmes de développement technique des organismes publics et des industries, et à ceux des programmes de recherche. Le CCO est le seul organisme interministériel chargé d'évaluer la pertinence des projets d'études marines dans le cadre de la politique officielle.

La Commission Glassco a recommandé avec insistance que les organes d'exécution ne participent pas à l'élaboration de la politique générale. Pour formuler celle-ci, on a besoin de connaissances techniques et de compétences étendues. Cependant les différents organismes ministériels de planification peuvent difficilement établir une politique dans un domaine interdisciplinaire intéressant autant de ministères que les sciences et la technologie de la mer. On voit mal comment on pourrait en élaborer une au sein d'un comité dont les membres sont égaux, et dont chacun a des attributions, des fonctions et des ressources différentes, à moins que la croissance de tout l'ensemble soit assez rapide pour que même l'adoption des grands projets nouveaux ne soient pas trop retardée. On a trouvé une solution à cette situation dans des cas à peu près semblables: on s'est contenté simplement de désigner le représentant du ministère ayant les plus grandes responsabilités comme président-coordonnateur chargé d'interpréter la politique. Ce système pourrait être adopté ici, mais nous l'avons rejeté, car aucun des ministères représentés au sein du CCO n'est apte à remplir efficacement sa tâche principale au cours des années 1970: veiller à ce que l'industrie bénéficie des résultats d'un programme équilibré de recherches océanologiques et de technologie marine, et à ce que ces résultats servent à favoriser la croissance d'industries secondaires.

Sur le côté gauche de l'organigramme n° VI.1, nous mentionnons un nouvel

organisme de l'État indispensable actuellement, l'*Office national de la Mer* qui aura pour rôle de formuler des recommandations sur l'orientation politique. Il est clair que cet organisme doit grouper des membres provenant d'horizons plus nombreux que ceux du CCO. On pourrait lui donner la forme d'un comité ou d'un conseil bénévole composé de 15 membres provenant des services de l'État, des universités et de l'industrie. Son président serait nommé par le ministre chargé des questions scientifiques. Le président du CCO et au moins un autre membre d'un ministère différent représenté au CCO devraient faire partie de ce nouvel organisme. Si la Société canadienne pour l'exploitation de l'océan, dont nous parlons ci-dessous, devenait une réalité, un membre de son conseil d'administration devrait siéger à l'Office national de la Mer. Il serait bon que le Conseil du Trésor délègue un observateur à toutes les réunions. Un représentant du Secrétariat des sciences devrait être membre de l'Office et pourrait même en être président. L'Office pourrait formuler ses recommandations directement aux hautes instances gouvernementales, par le canal du ministre chargé des questions scientifiques.

Le CCO et l'Office national de la Mer auront besoin d'importants services de secrétariat. Grâce à l'ORP, le CCO dispose déjà d'un secrétaire à temps partiel et de services sténographiques. Le ministère de l'EMR fournit une aide supplémentaire. Le secrétariat a rédigé d'importants exposés des faits, rassemblé et diffusé des renseignements concernant les programmes de recherches et il s'est occupé des travaux de séances. Malgré la prodigieuse énergie manifestée par le personnel et sa grande compétence, la somme de travail à accomplir est devenue trop lourde, et des retards en sont résultés. Nous estimons que ce secrétariat devrait être permanent et agrandi aux dimensions d'un service commun pour le CCO et l'Office national. Le secrétariat pourrait avoir ses locaux au sein du CNRC, en attendant la formation possible d'un ministère de la Politique scientifique qui hébergerait ce

service. Le secrétaire d'administration aurait un emploi à plein temps, mais on pourrait nommer par roulement, pour des périodes allant de trois à cinq ans, des membres des différents organismes représentés au sein du CCO.

Les fonctions du secrétariat seraient étendues. Au cours de notre étude, nous nous sommes rapidement aperçus des lacunes flagrantes de la communication de l'information, particulièrement entre l'industrie et les laboratoires de l'État et des universités. Des lacunes semblables existent dans les relations entre les universités et les organes de l'État et entre les différents secteurs de R & D des divers ministères. En général, les échanges d'informations dans la même localité sont très satisfaisants, mais ils deviennent médiocres dès que l'on dépasse ses limites. Par exemple, les échanges d'informations dans les milieux de recherches de la région d'Halifax-Dartmouth semblent bons, mais cette collectivité scientifique n'a guère de contacts avec l'industrie canadienne. Du côté des services de l'État, il n'est pas difficile de trouver des membres du personnel du CRD qui ignorent l'existence du Centre d'essais de génie maritime, à Montréal, sans parler des excellents travaux réalisés par le personnel actif et dévoué de cet organisme. Quand il n'existe pas de relations interministérielles et que les distances sont trop grandes, l'ignorance est presque totale. C'est ainsi que l'on discerne peu d'interaction entre les groupes de scientifiques de la côte Ouest et ceux du CNRC qui essayent de résoudre des problèmes semblables à Ottawa.

C'est pourquoi nous estimons que le problème ne peut être résolu actuellement au moyen d'un centre bibliographique ou d'un service de prêt de publications. Il nous faut un service actif d'information technique, composé de deux ou trois personnes ayant une formation technique, et doté d'amples crédits de déplacement. Ces spécialistes seraient chargés de visiter les entreprises et les laboratoires, de se renseigner sur ce qui se passe et sur les efforts entrepris au Canada dans le domaine de l'océanologie et du génie océani-

que. Ils communiqueraient à d'autres les données intéressantes recueillies. Grâce à des contacts personnels, ils pourraient montrer aux intéressés les possibilités visibles seulement de l'extérieur et les aider à les exploiter. Le CNRC dispose d'un service d'information scientifique et technique qui pourrait prendre les initiatives voulues. Pour des raisons d'efficacité, nous proposons que ce groupe d'agents d'information itinérants agisse en liaison étroite avec le secrétariat du CCO. Si les deux services se trouvent au CNRC, il n'y aura pas de problèmes. Au cas où le secrétariat serait transféré au ministère de la politique scientifique; il faudrait prendre des mesures pour maintenir cette collaboration.

Bien qu'elle ne se rattache pas entièrement à l'élaboration des politiques ni à l'action des organismes chargés de les appliquer, nous voulons attirer l'attention sur la proposition que nous avons faite au chapitre II, soit la création d'un ou de plusieurs comités du plateau continental, afin de régler les nombreux problèmes *spéciaux* qui seront posés par l'exploitation du pétrole sous-marin au large et dans l'Arctique, et qui nécessiteront des décisions rapides, concertées et cohérentes des ministères.

L'administrateur chevronné notera que nous n'avons pas étudié l'élaboration d'un programme centralisé d'océanologie et de technologie océanique pouvant recevoir ses crédits en une seule affectation budgétaire. Cela pourrait s'imposer, s'il fallait financer l'ensemble des activités marines séparément des autres domaines. Actuellement on ne pourrait prendre une telle décision que si un budget unique était consacré aux activités scientifiques, dont l'océanologie est un élément. En revanche, nous pensons que les travaux d'océanologie et de génie océanique doivent être jugés en fonction des objectifs nationaux que les ministères cherchent à atteindre grâce à leurs programmes, et non par comparaison avec d'autres sciences. À présent, il nous faut déterminer comment l'océanologie et la technologie océanique peuvent nous aider à atteindre les

objectifs nationaux, fixer un ordre de priorité parmi les tâches à accomplir, et assigner judicieusement ces tâches aux divers ministères. Le Cabinet pourrait y procéder en se fondant sur les avis que lui soumettrait l'Office national de la mer. En suivant les directives données, chaque ministère pourrait élaborer des programmes continus, les financer, et les appliquer, avec le concours du CCO.

C'est une tout autre question. Le Conseil du Trésor pourrait y répondre, avec l'aide, peut-être, du secrétariat du CCO. Ces données présentent certainement de l'intérêt pour les organismes consultatifs et ceux qui exécutent les programmes.

Dans le cadre de l'élaboration des politiques, nous soulignons que les sciences et la technologie de la mer font partie des sciences du milieu ambiant. L'État a pour importante fonction d'évaluer, et si possible, de restreindre les répercussions de l'activité humaine sur le milieu qui nous entoure. La mer n'est pas seulement une composante majeure de l'ensemble des interactions globales, elle peut également fournir des éléments précieux de mesure de ces répercussions. Cela deviendra évident à mesure que nous étendrons nos connaissances écologiques sur des régions que nous considérons actuellement comme de simples entités politiques.

Nous avons besoin d'un organisme autonome rassemblant des experts de tous les domaines, qui détermineraient si nos connaissances sont suffisantes pour maintenir la qualité du milieu ambiant et si nos lois sont assez efficaces. Nous approuvons la conclusion des groupes d'étude précédents du Conseil des sciences, selon laquelle la situation actuelle est assez grave pour justifier la création d'un Conseil canadien pour la protection de l'environnement, à l'instar du Conseil économique, du Conseil des sciences et du Conseil des arts. Ce Conseil devrait former en son sein un comité permanent s'occupant des conditions du milieu marin et des mesures le concernant, dans les programmes d'océanologie et de technologie océanique. Ce comité devrait être composé de spécialistes ayant des connais-

sances approfondies sur les problèmes du milieu marin et sur les répercussions de l'activité humaine en ce domaine. En raison de l'intérêt d'autres nations pour l'Arctique, nous pensons qu'il faudrait inviter au moins une personnalité des É.-U. et d'U.R.S.S. à participer aux travaux du Comité. Ce comité indépendant figure à droite de notre organigramme (fig. n° VI.1).

Nous nous sommes occupés jusqu'ici d'améliorer l'élaboration des politiques et la mise en œuvre des programmes internes des services de l'État. Cette action est nécessaire pour éviter l'indécision ou les empiètements des ministères ambitieux lors de l'établissement de l'ordre des priorités. Nous allons maintenant examiner l'importante question de la Société canadienne pour l'exploitation de l'océan, et nous lui consacrerons la prochaine section. Cet organisme est mentionné à droite du panneau central de l'organigramme.

La mise en œuvre de la technologie marine et l'idée d'un organisme d'exploitation

Quand ils investissent dans les sciences et la technologie de la mer, les gouvernements ont pour premier objectif d'améliorer l'utilisation du milieu et l'exploitation des ressources de la mer. Au Canada, on a cherché traditionnellement à augmenter la productivité de l'industrie maritime et à répondre aux besoins des ministères dans les domaines des pêches, de la défense et des transports. Actuellement, l'intérêt croissant que l'on témoigne à l'extraction du pétrole et du gaz, aux loisirs, à la lutte contre la pollution et à la régulation climatique, indique que l'on aura besoin plus que par le passé de services s'appuyant sur les progrès scientifiques et technologiques. C'est particulièrement dans le domaine de la technologie marine plus encore qu'en océanologie que ces besoins se feront sentir¹.

¹Bascom, Willard. «Technology and the ocean» Sci. Amer. 221 (3), p. 199-217, 1969.

Une grande partie de l'activité de l'industrie maritime est nouvelle et soumise à une évolution rapide. Aucun pays ne peut actuellement se contenter de la situation présente, sans chercher à accroître les possibilités commerciales offertes par l'océanologie et la technologie océanique.

Les problèmes de l'essor des activités industrielles maritimes ne peuvent être évalués qu'à la lumière des critères qui conditionnent le succès d'un tel programme. Il est évident que le premier objectif doit être de *créer une nouvelle industrie à partir des possibilités mises à jour par les travaux scientifiques et technologiques* passés et actuels. C'est pourquoi, on devra favoriser les contacts au niveau de l'exécution, multipliant les échanges d'informations entre les chercheurs de R & D, qui sont aidés par l'État et les universités, et les firmes industrielles chargées de fabriquer et de commercialiser. Cependant, la seule application de la technologie ne donnera qu'un taux de croissance proportionnel au programme de R & D financé par l'État. Il sera insuffisant, car le domaine de la technologie océanique et de l'industrie maritime se trouve à la base d'une courbe de croissance typique. La progression des connaissances tend à y être très rapide. Le problème est d'appliquer toutes les données que la science peut fournir à l'industrie contemporaine. Il faut utiliser d'autres moyens afin d'obtenir cet essor industriel.

Il faudra que la nouvelle industrie créée à la suite des travaux de R & D financés par l'Etat soit elle-même capable de créer de nouveaux produits ou services. Le programme national de R & D devra donc comprendre deux parties: un programme de R & D financé par le gouvernement et comprenant des travaux de recherche et de développement technique de haute qualité en sciences fondamentales et appliquées, qui conduiront à des applications dans l'industrie et les services de l'État. Par ailleurs, il y aura un second programme de R & D axé sur les problèmes de l'industrie, qui constituera le catalyseur d'une croissance interne de

cette dernière. Le deuxième programme pourrait être exécuté de diverses façons, mais il semble préférable d'en faire un programme réalisé séparément par le secteur privé¹.

Notre rapport montre que le monde aura de plus en plus besoin de données océanographiques. Les programmes qu'on va entreprendre exigeront que les océanologues et les ingénieurs océaniques fournissent des données suffisantes aux ministères chargés d'offrir des services et d'exercer des contrôles en vue du bien commun. Mais nous aurions tort de recommander que l'État augmente sensiblement son financement des activités scientifiques et technologiques ayant trait à la mer, si cette politique n'allait de pair avec un programme d'expansion industrielle procurant des avantages suffisants aux contribuables canadiens qui en font les frais. Le Canada se heurte à plusieurs obstacles particuliers pour obtenir un taux satisfaisant d'expansion industrielle.

Le problème le plus notable qui se pose à l'entrepreneur de travaux marins est la concentration des grandes entreprises financières et industrielles, de même que celle de la population; plus de 60 p. 100 de toute la population vit à l'intérieur du pays ou se trouve répartie le long des grandes voies d'eau, du Saint-Laurent ou des Grands Lacs. Aussi les dirigeants de l'économie du Canada connaissent-ils peu le milieu marin ou côtier et n'en ont-ils qu'une expérience réduite. Fait plus important encore, ils ont mis du temps à se rendre compte des possibilités qu'offre le domaine marin. La situation est très différente chez notre voisin du sud, dont l'industrie est vigoureuse, et dont près de la moitié de la population, beaucoup plus

importante que la nôtre, vit sur la côte², dans de grands centres urbains et industrialisés. En outre, le plateau continental des États-Unis, y compris l'Alaska, ne représente que 75 p. 100 du nôtre; la plus grande partie de la plate-forme continentale américaine est située au large de l'Alaska. Comme les économies des deux nations sont étroitement liées, il est naturel que le secteur privé américain s'intéresse vivement au plateau continental canadien, et plus spécialement à ses parties méridionales plus accessibles. En fait, l'intérêt témoigné par nos voisins est plus vif que celui que manifestent la majorité des Canadiens. Il serait bon, semble-t-il, d'amener les milieux d'affaires canadiens à apprécier les possibilités offertes par le milieu marin.

Un second facteur, particulièrement important pour la croissance des industries maritimes au Canada, découle du fait que les entreprises canadiennes sont en grande partie en des mains étrangères³, surtout américaines. Il paraît naturel que les dirigeants de ces entreprises, formés à l'étranger et appliquant fidèlement la politique de leurs sociétés, se tournent vers des firmes déjà bien établies, qui leur sont familières, pour obtenir des biens et des services. La plupart de ces firmes se trouvent dans leur pays d'origine. Quand elles manquent, les firmes appartenant à des intérêts étrangers trouvent tout naturel de susciter la création de ces industries, dont elles ont besoin, dans leur pays d'origine où elles pourront s'intégrer facilement aux circuits existants et avoir des contacts étroits avec filiales et sous-traitants. En outre, bien que l'on ait sou-

²Le rapport de la Commission américaine des sciences, de la technologie et des ressources de la mer, mentionne qu'elle vit dans des «comtés côtiers».

³Selon les statistiques du BRS pour 1967, 26 p. 100 des actifs et environ 40 p. 100 des bénéfices de toutes les sociétés du Canada revenaient à des filiales étrangères. Cette proportion augmentait: en 1964, le pourcentage des bénéfices atteignait 24.5 p. 100. Les chiffres les plus récents indiquent que les étrangers ont la haute main sur 60 p. 100 des mines, 56.7 p. 100 de l'industrie de fabrication, 83 p. 100 de l'industrie chimique et 99 p. 100 des industries pétrolière et charbonnière (cf. Financial Times of Canada, 58 (38).1. 9 fév. 1970).

¹Cette idée a été évoquée par le Président du Comité du Conseil privé pour la recherche scientifique et industrielle, dans la réunion de confrontation de l'OCDE (Politiques nationales de la science-Canada, Paris, 1969). Comme il l'a souligné, il vaut mieux susciter la réalisation de nouveaux programmes de recherche dans les laboratoires du secteur privé que de transférer à ces laboratoires les travaux commencés par les services de l'État. Les deux genres de travaux sont nécessaires.

vent soutenu que l'industrie en mains étrangères effectue au Canada autant de travaux de R & D que l'industrie purement canadienne, tout indique que ces activités sont conduites dans les deux cas de la même façon; on constate que les travaux de R & D sont centralisés et s'effectuent autant que possible, en liaison étroite avec les laboratoires des universités ou de l'État. Il faudrait bien des stimulants pour qu'une petite filiale canadienne d'une grosse entreprise étrangère accepte de réaliser un programme de R & D au Canada.

La raison d'être d'une filiale est d'extraire quelque produit vendable, comme le pétrole ou le minerai, ou de pouvoir écouler des marchandises sur le marché canadien. Ainsi, dans la plupart des cas, une filiale canadienne aux mains d'étrangers comptera sur la société-mère pour l'exécution de la plupart des travaux de R & D. En général, les travaux de conception relèvent de la société-mère, tandis que les activités de R & D que la filiale effectue concernent ordinairement l'application de la technologie. On pourrait penser que les apports grandissants de la nouvelle technologie étrangère contribuent avantageusement à enrichir un fonds déjà important de recherches et de technologie océaniques au Canada. Malheureusement, ce riche fonds n'existe pas encore dans notre pays, et il est clair que la technologie qui pénètre au Canada, dans le cadre du processus tant vanté de la dissémination de la technologie, n'est pas du genre à susciter une forte croissance.

Un troisième trait important distingue la situation canadienne: les besoins de la consommation intérieure de notre pays ne représentent généralement qu'une faible fraction de la demande totale pour les ressources commercialisées. Les acquéreurs des produits canadiens ont donc intérêt à l'extension d'un grand marché extérieur. Dans le cas des firmes américaines, il s'agit principalement des débouchés dans leur propre pays. Ces acquéreurs ne se soucient guère des répercussions de leurs activités sur l'économie canadienne. Les firmes américaines encourageront les

réalisations technologiques et les innovations, qui, dans le pays d'accueil, accroissent l'efficacité, les conditions de sécurité et la facilité d'obtention des matières premières, ou encore celles qui augmentent les possibilités de vente ou le bénéfice global. Elles n'encourageront guère les réalisations favorisant l'indépendance économique ou technologique du pays d'accueil (le Canada), et sans doute décourageront nettement tout ce qui pourrait finalement améliorer la position concurrentielle du pays d'accueil sur les marchés accessibles. Sans vouloir nuire au libre échange d'information dont les progrès scientifiques dépendent, nous estimons que *cet aspect de la situation au Canada plaide en faveur d'efforts spéciaux de création d'un potentiel technologique indépendant, nécessaire à la croissance de cette nouvelle industrie.*

Finalement, à notre époque où les capitaux circulent facilement d'un pays à l'autre, la formation de grandes sociétés internationales sous mainmise étrangère peut être une entrave supplémentaire à la croissance rapide et bien équilibrée de l'industrie maritime au Canada. Les petites firmes canadiennes, dont la prospérité est due à l'initiative et au capital privés, ont généralement besoin de se développer. Il leur faut des capitaux frais. Nous avons consulté les nouveaux entrepreneurs qui lancent des industries maritimes au Canada; ils ont souligné les nombreux problèmes qui se posent à leurs firmes naissantes. Au Canada, la plupart des organismes privés accordant des prêts semblent méconnaître le domaine maritime, et, de toute façon, ont la réputation de pratiquer une politique conservatrice. On dit que cette situation s'applique également aux programmes de prêts gérés ou cautionnés par le gouvernement fédéral; ce dernier est trop sensible aux critiques du public pour se risquer à financer une entreprise qui pourrait échouer. Parfois des commanditaires entreprenants acceptent de risquer leurs capitaux. Dans le domaine maritime, il s'agit surtout de bailleurs de fonds étrangers. Si c'est une grande société sous mainmise étrangère

qui investit, l'octroi des capitaux aura généralement pour contrepartie une mainmise financière sur la firme, entraînant des répercussions importantes sur son avenir à long terme. Il est amer de constater que les propriétaires de la firme maritime acceptent, et quelquefois désirent tout liquider pour de nombreuses raisons. Il s'ensuit généralement un élagage de toutes les opérations de la société, entraînant le transfert à l'étranger des technologues et administrateurs canadiens, dont l'œuvre était parfois fragile, mais qui avaient fait leurs preuves et acquis de l'expérience. *C'est justement cette compétence qui est indispensable au programme d'essor de l'industrie maritime canadienne*¹.

Ces caractéristiques de la situation canadienne font actuellement l'objet d'un débat public; ceux qui y participent connaissent généralement mieux que les auteurs de ce rapport les problèmes qui se posent et les conditions existantes. Il n'y a pas d'inventaire statistique concernant la seule industrie maritime canadienne; ainsi, il n'est pas possible de fournir des données concernant ce secteur, et permettant, mieux qu'un débat général, d'apprécier les conditions de nos réalisations passées. Il serait important de les connaître, car nous estimons que les activités maritimes ne sont qu'au tout début d'une période de croissance vigoureuse. L'orientation que nous allons prendre aura des effets importants sur le dynamisme et la rentabilité futures de ces activités. Compte tenu de la situation actuelle du secteur industriel au Canada, nous estimons qu'une industrie maritime, dont pourraient tirer pleinement parti les

Canadiens, *ne se développera pas par elle-même*; le gouvernement devra intervenir officiellement. Cette conclusion rejoint celle que nous avons formulée précédemment, à savoir qu'il existe au Canada des débouchés exceptionnellement vastes pour les réalisations maritimes, notamment celles qui concernent l'extraction du pétrole et du gaz sous-marins. Les promesses qu'offrent la pêche, les transports et les loisirs ne sont aucunement négligeables. Un troisième point, peut-être aussi important, c'est que les activités maritimes susciteront des progrès sociaux et économiques dans le monde et le Canada est aussi bien placé que les autres nations pour en bénéficier, ne serait-ce que parce que ces progrès ne font que commencer! En fait, le Canada a l'avantage de disposer d'un fonds scientifique solide, d'un ensemble satisfaisant de navires-laboratoires et de laboratoires à terre, ainsi que d'établissements d'enseignement de qualité pour la formation des scientifiques. Si nous avons la volonté d'utiliser ces atouts, il y a toute raison de croire que nous pourrions créer une industrie maritime très profitable pour le Canada.

Cela dit, nous estimons que le Canada a tout intérêt à élaborer une politique d'utilisation de l'océanologie et de la technologie océanique afin de créer une industrie secondaire en ce domaine. Un certain nombre de mesures permettraient de lancer ce programme de développement, malgré les obstacles présentés par notre situation actuelle. Nous avons déjà énuméré celles qui sont nécessaires pour assurer l'application de la technologie dans un court délai. Nous avons également examiné la création d'une technologie industrielle grâce à des contrats que l'État accorderait aux firmes industrielles. Nous traiterons de ce problème plus en détail dans la prochaine section. Cependant, il existe d'autres facteurs qui réclament une attention et une vigilance continues. Partout où les résultats contribueront à la croissance maximale de l'économie canadienne, l'on doit encourager le financement et tous les moyens de stimuler les activités de R & D qui

¹Ce fait est mis en lumière par la récente législation présentée au Congrès des États-Unis, afin de permettre l'immigration canadienne sur une base préférentielle (Globe & Mail, 23 janvier 1970), apparemment pour répondre au désir des sociétés américaines à envergure plurinationale, désireuses de pouvoir muter plus aisément les cadres des filiales canadiennes. Le contingentement de l'immigration aux États-Unis, imposé il y a environ un an, avait réduit radicalement l'émigration des effectifs techniques, scientifiques et administratifs canadiens. Depuis de nombreuses années, le Canada a adopté une politique semblable, encourageant l'immigration sélective de personnel spécialisé ou ayant une formation supérieure.

sont menées au Canada par les firmes étrangères. Dans le cadre de nos objectifs, nous estimons que les industries dépendant de travaux de R & D faits à l'étranger présentent relativement peu d'intérêt. Les industries étrangères attirées par les programmes canadiens de R & D à frais partagés ne devraient être encouragées que lorsque la filiale canadienne prouve qu'elle opère de façon indépendante et qu'elle a acquis une compétence pouvant lui permettre de mettre au point et de commercialiser de nouveaux produits résultant des recherches. Il faut lutter contre la cession de nouvelles firmes à des intérêts étrangers, car il en résulterait la perte de chercheurs ou d'administrateurs compétents, contraire aux objectifs des programmes de développement. Mais il reste à considérer une question très importante: les activités maritimes actuelles sont d'une grande complexité technologique et il existe de très grandes sociétés plurinationales sous mainmise étrangère auxquelles participent, dans de nombreux cas, les gouvernements étrangers eux-mêmes; aussi est-il essentiel que le Canada prenne des dispositions visant à mettre sur pied un «Office de coordination» pour assurer le développement harmonieux des nombreuses industries de biens et de services dont nous avons besoin pour l'exploitation rationnelle de nos ressources marines. Un tel office aura de vastes responsabilités et il devra harmoniser les activités maritimes avec les objectifs et les programmes nationaux; il est clair que le secteur privé ne peut jouer ce rôle complexe. Ces problèmes ne sont pas particuliers au Canada. Par exemple, il est courant, en France, en Grande-Bretagne et en Suède, que le gouvernement joue un rôle très actif au sein d'organismes conçus pour résoudre ces problèmes. Même dans le contexte américain de la libre entreprise, le gouvernement a constitué l'Office national de l'aérocosmonautique (NASA) afin d'appliquer la politique de l'État dans un domaine complexe et d'articuler l'action des diverses industries participantes. Selon nous, les problèmes que doit

affronter l'État canadien pour exploiter les ressources sous-marines du pays à l'avantage des Canadiens sont comparables. Cette observation et la plupart des autres facteurs que nous venons de mentionner indiquent l'opportunité de la création pour l'État d'une Société canadienne pour l'exploitation de l'océan, qui assumerait de grandes responsabilités administratives et financières.

La Société canadienne pour l'exploitation de l'océan (SOCALO)

Nous avons besoin d'un organisme centralisé, de type industriel, entièrement sous mainmise canadienne, pour exécuter des programmes maritimes de développement technique et d'innovation, dont la gestion convient mal aux ministères ou aux autres organismes actuels de l'État; il lui reviendrait de se livrer activement à la commercialisation des produits obtenus et des services procurés.

Cet organisme aurait pour fonction d'accélérer l'utilisation du potentiel de l'industrie océanique canadienne en vue de produire des biens et des services à l'avantage de notre pays, en particulier pour des débouchés internes et internationaux. Les dirigeants de cet organisme devraient avoir une connaissance approfondie de la politique de l'État dans le domaine de l'industrie océanique. Cet organisme devrait jouer le rôle de coordonnateur des mécanismes complexes et des services nécessaires à la réalisation des tâches industrielles, ou à leur administration par l'État et l'industrie. Il devra indiquer les produits devant faire l'objet d'études techniques, ou qui pourraient être fabriqués et commercialisés profitablement par notre pays. L'organisme pourrait ensuite accorder des contrats à l'industrie pour la mise au point des produits.

Dans les cas où il n'y aurait pas de firmes capables d'exécuter les tâches désignées, l'organisme devrait encourager leur création. Par exemple, il pourrait financer une entreprise afin qu'elle puisse acquérir rapidement l'expérience nécessaire en matière de conception du matériel

océanique. Ceci pourrait se faire dans le cadre d'un contrat entre une société canadienne et une firme étrangère expérimentée, qui fournirait le bureau d'études nécessaire à la création d'équipements spéciaux tels que les plates-formes de forage et les péniches d'immersion des conduites. Le contrat devrait entraîner la formation d'une équipe de techniciens canadiens. Dans une deuxième hypothèse, la Société pourrait acquérir des filiales étrangères disposant d'un personnel compétent. Le système actuel qui permet à une société étrangère de créer une filiale de façade au Canada ne contribue guère à l'essor de notre pays et restreint les débouchés possibles de la filiale. Cette situation ne peut être tolérée que si l'on obtient d'importants avantages économiques, à part la présence de la société.

Les firmes canadiennes sont désireuses de pénétrer dans le domaine océanique. Leur manque de connaissances, de savoir-faire technique, de capitaux, les font reculer. La Société canadienne pour l'exploitation de l'océan ferait des études de marché, et même souvent de la prospective de marché. Certains produits auront des coûts unitaires élevés (de 10 à 25 millions de dollars). La Société devrait pouvoir se lancer dans des projets où les coûts des études techniques et les risques sont élevés. Elle devra même prendre le risque d'arriver trop tôt sur le marché. Ses frais seront peut-être plus élevés que ceux des concurrents étrangers qui disposent au départ d'un capital technique plus important, d'une organisation plus expérimentée et d'un réseau de sous-traitants. Il se peut que, dans l'intervalle, d'autres pays mettent au point de meilleurs équipements maritimes. Certes, la Société ne devrait pas prendre des risques déraisonnables, mais il faudrait qu'elle puisse résister aux critiques éventuelles, tout en restant pleinement consciente de ses objectifs, qui seraient de faire progresser la compétence et le potentiel de l'industrie canadienne dans le cadre de la politique nationale. On pourrait dire que la Société n'aurait pas été assez audacieuse, si *aucun* des ses projets n'échouait.

Pour accomplir sa mission, la SOCALO devrait avoir les caractéristiques suivantes: être entièrement sous mainmise canadienne; disposer d'un financement stable; pouvoir fonctionner de façon indépendante dans le cadre d'une politique générale; et axer ses efforts d'élaboration, de direction et d'exécution de son propre programme en fonction d'objectifs industriels. Il lui faudrait accomplir les missions que lui confierait le gouvernement, mais elle serait libre d'exécuter celles-ci à sa manière, selon ses attributions, comme un membre responsable et à part entière du secteur des affaires. *Elle pourrait réaliser des bénéfices, mais on jugerait de sa réussite en se fondant sur les succès financiers et le taux de croissance des entreprises auxquelles elle serait associée.*

Compte tenu de nos structures administratives et des exigences et fonctions de cet organisme, nous devrions en faire une société de la Couronne, qui jouirait d'autant d'indépendance que la *Polymer Corporation* ou *Air Canada*. Elle devrait avoir un conseil d'administration dont les membres seraient canadiens. Pour que ce conseil ait une connaissance directe de la politique du gouvernement et de son administration, et particulièrement des services réalisant des programmes de R & D, il devrait comprendre trois hauts fonctionnaires parmi ses sept membres, trois représentants de l'industrie et un universitaire. Cette répartition favorise peut-être l'Administration plus qu'il n'est désirable, mais nous estimons indispensable qu'au cours de ses premières années le conseil connaisse bien le fonctionnement des services de l'État. Au bout d'une période initiale de trois ans, on pourrait remplacer un des hauts fonctionnaires par un autre représentant de l'industrie. Le président de la Société devrait être membre du conseil d'administration et venir du secteur industriel. Le président du conseil pourrait appartenir au secteur public ou au secteur privé, pourvu qu'il ait une vaste expérience pratique et des aptitudes pour assurer une haute direction. Le représentant du secteur universitaire pourrait très bien être

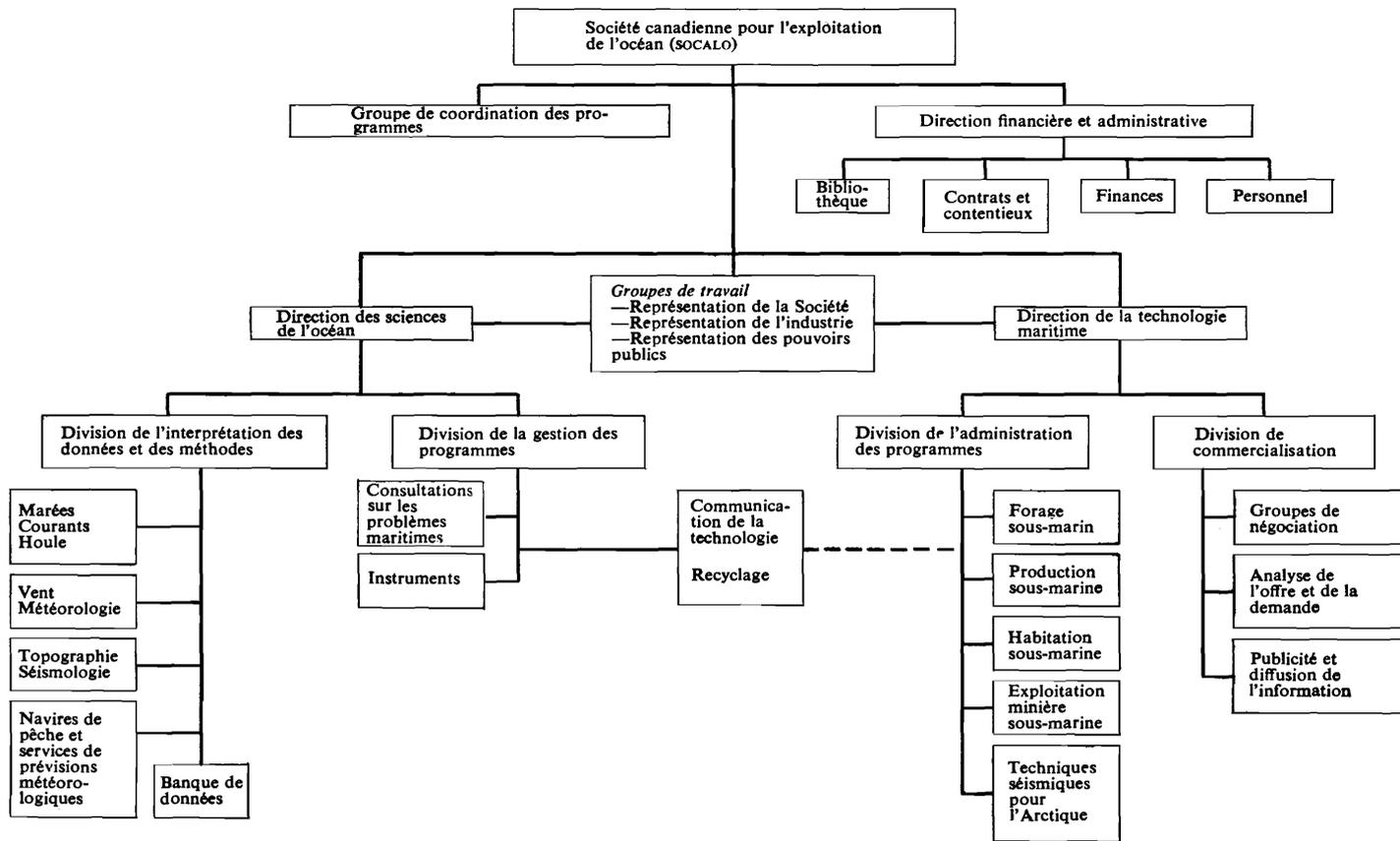
le doyen d'une faculté de technologie.

En tant que société de la Couronne, la SOCALO devrait pouvoir se faire entendre au Parlement, où elle pourrait rendre compte de son fonctionnement et exposer ses principes d'action. Pour ce faire, le canal le plus approprié serait celui du ministre de l'Industrie et du Commerce. C'est ce que nous indiquons à la figure n° VI.1. La Société pourrait également fournir son avis en matière de politique générale, en se fondant sur ses activités commerciales. Il faudrait toujours qu'un des membres du Conseil siège à l'Office national de la mer. La SOCALO devrait, comme toute entreprise moderne, encourager quelques activités de R & D, soit en les finançant, soit en facilitant leur accès à d'autres programmes d'aide à l'industrie, tels que le PAIT. Les travaux de R & D devraient être étroitement coordonnés avec les activités similaires des ministères; aussi, le président de la Société devrait-il être membre à part entière du CCO. Cependant, il faudrait que la SOCALO dispose elle-même de spécialistes compétents pour établir des liaisons entre les industries et les services publics effectuant de la R & D, pour favoriser la création de groupes d'experts, pour mettre sur pied des banques de données scientifiques servant l'industrie, etc. Nous n'avons pas l'intention de restreindre la souplesse du fonctionnement de la Société en précisant ses structures. Toutefois, nous estimons qu'il est important d'envisager ses fonctions et ses structures possibles afin d'évaluer ses besoins en personnel et en financement. Par exemple, les activités surtout scientifiques pourraient être placées sous la direction d'un vice-président aux questions scientifiques. On pourrait opérer de façon similaire pour les travaux technologiques. Il s'agirait de financer la réalisation de nouveaux modèles et matériels, la mise au point de techniques inédites, ou encore des études de marchés, etc. Le poste de vice-président aux questions technologiques exigerait une formation et une expérience en ce domaine. Il est évident que la Société aurait besoin d'un bureau de coordination qui accomplirait les fonctions sui-

vantes: procéder à des analyses synoptiques des activités canadiennes et étrangères, établir des programmes et listes d'activités, s'occuper des relations extérieures de la Société et faire connaître au secteur privé et au public les programmes et les directives du gouvernement canadien qui déterminent la politique de la société. En outre, la Société devrait pouvoir créer des groupes de travail pour l'exécution d'un bon nombre des ses missions. Pour constituer ces groupes, elle devrait pouvoir choisir les personnes les plus compétentes, qu'elles viennent des ministères, des universités ou du secteur privé. Il faudrait qu'elle puisse offrir des avantages suffisants aux personnes qu'elle désirerait employer et à leurs employeurs pour assurer la plus grande mobilité possible du personnel. Cette activité aurait l'importante conséquence de multiplier les échanges d'information dans toute la collectivité intéressée. La figure n° VI.2 présente un organigramme possible pour la Société.

Afin d'avoir une idée de l'envergure possible de la SOCALO, nous avons dû étudier en détail quelques-uns des projets dont elle pourrait entreprendre la réalisation, et nous avons évalué les dépenses de personnel, d'exploitation et des projets. En nous reportant aux chapitres précédents, nous pouvons cerner une quinzaine de ces derniers, et nous détaillons à l'annexe B, leurs coûts et leurs éléments. Nous ne pouvons les analyser de façon approfondie, mais nous pouvons donner quelques indications utiles.

Parmi tous les programmes à entreprendre, un des plus importants est certainement celui des sondages sous-marins. Nous l'avons désigné, au chapitre II, sous l'appellation «Sondages en atelier sous-marin». Depuis que nous avons rédigé ces recommandations, nous avons appris que des comités ministériels des États-Unis et du Japon sont également parvenus à la conclusion qu'une telle entreprise serait très rentable. Il est tout à fait justifié de la tenter au Canada. En cas de succès, les applications seraient nombreuses dans notre pays. Le matériel comporte de nom-



breux éléments. Si certains de ceux-ci sont mieux réalisés ailleurs, nous aurons, du moins, des moyens technologiques qui permettront de les fabriquer au Canada sous licence. Si nos réalisations sont meilleures, nous pourrions les vendre. Mais, de toute façon, nous retirerons des avantages économiques de nos investissements en technologie et en savoir-faire. Si nous investissions en cinq ans environ 60 millions de dollars dans cette entreprise, nous pourrions espérer établir la suprématie de l'industrie canadienne. À tout le moins, nous pourrions conquérir un tiers du marché, et disposer de savoir-faire pour le reste. De nombreux éléments du matériel auront de vastes applications.

De nombreux travaux à la surface de la mer et en profondeur exigent d'assez grandes quantités d'énergie électrique. Le Canada a des organismes privés et provinciaux, qui possèdent des connaissances poussées en matière de production d'électricité à partir de diverses sources; ils ont aussi l'expérience du transport de cette énergie sur de longues distances. Il faudra examiner de plus près les problèmes que pose le transport d'énergie et l'exploitation du matériel électrique sous l'eau. La production d'électricité, au fond des eaux, est possible et elle aura des applications particulièrement importantes. Cette production pourrait être indispensable pour la réalisation des programmes de forage sous-marin.

Si l'industrie pétrolière s'appuie fermement sur des fournisseurs canadiens et utilise la main-d'œuvre du pays, il faudra lui fournir en permanence des navires efficaces et des équipages entraînés. Il existe à présent une importante flotte canadienne de pêche hauturière et une flotte hauturière beaucoup plus importante dans le monde entier; les deux se mécanisent rapidement. L'exploitation du pétrole sous-marin accélérera ce processus et offrira un autre débouché à l'utilisation des navires. Notre pays a intérêt à développer la mécanisation des navires de pêche, en particulier, pour réduire de moitié l'équipage moyen, qui comprend actuellement de 12 à 14 hommes. Un

succès en ce domaine ouvrirait un marché pour notre matériel en Europe occidentale et peut-être au Japon. Il deviendrait possible d'échanger avec ce dernier pays des licences ayant trait à la pêche ou au pétrole.

Dans le présent rapport, nous avons souligné à plusieurs reprises la nécessité d'établir des services de prévisions météorologiques, pour répondre notamment aux besoins des industries pétrolière à l'œuvre au large et dans l'Arctique, ainsi que pour d'autres fins. À présent, ce travail est effectué presque entièrement par des services de l'État. Nous ne saurions trop souligner que le personnel actuel est tout à fait insuffisant au regard de la nouvelle demande. La SOCALO constituerait l'organe convenable que l'État pourrait utiliser pour susciter la création de services privés chargés d'interpréter les données et d'effectuer des prévisions grâce aux réseaux actuels d'information du Canada, qu'ils pourraient utiliser sans nuire au service général.

Outre l'examen des projets, le ministère de l'Industrie et du Commerce s'est livré pour nous à une analyse des activités et des effectifs éventuels de la Société, en se fondant sur les projets exposés ci-dessus et leurs domaines d'application indiqués à la figure n° VI.2. Un résumé des résultats est présenté au tableau n° VI.1.

Nous ne pouvons avoir une connaissance approfondie des problèmes ou des projets que nous venons d'esquisser, mais nous exprimons notre reconnaissance à deux importantes sociétés et à un ministère, pour l'aide qu'ils nous ont accordée et qui nous a permis d'effectuer nos évaluations. Selon les avis divers, il faut augmenter certains chiffres et en diminuer d'autres. Dans l'ensemble, les modifications proposées indiquent que la Société canadienne pour l'exploitation de l'océan aurait une influence considérable sur l'industrie maritime secondaire, si elle effectuait une mise de fonds initiale de 40 à 45 millions de dollars par an, pendant environ cinq années. Au bout de cette période, les résultats des efforts de la société devraient apparaître clairement;

Tableau n° VI.1—Société canadienne pour l'exploitation de l'océan (SOCALO), Prévisions des effectifs et des dépenses annuelles

Divisions	Personnel (à plein temps)			Dépenses d'exploitation	Financement des projets	Dépenses annuelles totales
	Spécialistes ^a	Techniciens ^b	Autres ^c			
	(en années de travail)					
1. Interprétation des données et méthodes	13	8	9	430	2 200	2 600
2. Gestion des projets	19	11	12	650	37 000	37 600
3. Commercialisation	10	4	8	340	100	400
4. Planification et information	5	5	6	270	1 200	1 500
5. Finances et administration	9	15	10	530	300	800
Totaux partiels	56	43	45			
Totaux			144	2 220	40 800	42 900

^aLa catégorie des spécialistes comprend : les scientifiques, les ingénieurs, ainsi que les experts juridiques et financiers.

^bLa catégorie des techniciens comprend : les vérificateurs de données, les programmeurs, les dessinateurs, etc.

^cLa catégorie « autres » comprend : les secrétaires, les commis et le personnel d'entretien.

après examen, le Cabinet pourrait modifier la participation de l'État : la réduire, l'augmenter ou l'étendre à des domaines autres que celui de la mer. Toutefois, la Société devrait être constituée pour au moins dix ans, et elle devrait disposer d'un soutien financier minimal pour les cinq dernières années.

Dans la section consacrée aux besoins de l'exploitation du pétrole dans l'Arctique (voir chapitre II), nous avons calculé la valeur actualisée des investissements que pourrait faire l'État, en tenant compte du seul accroissement des recettes fiscales. En considérant la seule extraction du pétrole dans l'Arctique, et en effectuant nos calculs de façon beaucoup plus circospécte que les meilleures évaluations écrites et orales accessibles, nous avons conclu que le surplus de recettes fiscales fédérales atteindrait environ 40 millions de dollars par an dans environ dix ans. Même à un taux d'intérêt de 8 p. 100, l'investissement actuel qui procurerait ce revenu s'élèverait à 230 millions de dollars. Ce calcul a été établi en supposant que l'aide de l'État procure 5 p. 100 de rentrées supplémentaires à l'industrie secondaire des fournitures, de la construction, de l'équipement et des services destinés à l'extraction pétrolière. On n'a pas tenu compte des ventes de pétrole. Nous voulons souligner ici que la Société canadienne pour l'exploitation de l'océan, telle que nous la concevons, opérerait en bien d'autres lieux que l'Arctique. Elle

devrait causer un accroissement de la participation de l'industrie canadienne à l'extraction pétrolière dépassant de beaucoup les 5 p. 100, et elle aura une grande influence sur l'essor des autres industries, sur les ventes, les exportations et les services procurés. Il semble que notre proposition d'investir environ 225 millions de dollars pendant une période de cinq ans, et quelque 200 millions au cours d'une autre période quinquennale, soit intéressante, même si l'on ne considère que la seule augmentation des recettes fiscales directes. Des profits semblables reviendraient aux gouvernements provinciaux et administrations municipales et, d'une façon générale, au public.

Mécanismes administratifs dans le domaine des sciences et de la technologie océaniques

Dans notre rapport, nous nous sommes occupés à plusieurs reprises de déterminer si les mécanismes administratifs actuels sont suffisants pour utiliser au maximum les connaissances des sciences et de la technologie de la mer en vue de développer les activités industrielles et d'accroître l'efficacité de l'administration de l'État. Il existe un certain nombre de situations où il semble que les propres règlements administratifs de l'État empêchent ce dernier de faire ce qu'il voudrait faire. Dans cette section, nous rassemblerons un certain nombre de

propositions, dont quelques-unes ont été mentionnées dans les chapitres précédents.

Nous avons déjà indiqué que les rapports entre les individus au sein de la même hiérarchie administrative et entre des individus appartenant à différentes hiérarchies ressemblaient aux transactions commerciales. Dans chacune d'elles, les motifs des deux parties sont différents; la transaction a lieu quand chacun est satisfait pour des raisons différentes. Un certain nombre de règles communément acceptées sont essentielles pour le développement du commerce. Quand de minimes transactions n'ont pas d'intérêt spécial, ou quand elles n'assurent pas un avantage immédiat à l'une des deux parties, elles ne peuvent s'effectuer normalement selon les voies ordinaires. Toutefois, quand les motifs des deux parties diffèrent beaucoup et que les avantages se trouvent apparemment du même côté, la partie désavantagée s'emploiera certainement à tourner les règles. Plus l'écart est grand, plus il sera difficile d'appliquer la réglementation. Il suffit d'ordinaire, pour surmonter cette difficulté, de fournir des stimulants à ceux qui étaient d'abord récalcitrants. Nous croyons qu'il faut utiliser plus largement et plus souvent les stimulants pour les échanges qui sont à la base de la gestion des sciences et de la technologie de la mer, afin d'atteindre les objectifs que le pays leur propose.

Gestion de la recherche fondamentale et formation

Les administrateurs universitaires ne s'efforcent guère d'orienter les programmes de recherches des professeurs, bien qu'ordinairement ils accordent de meilleurs traitements à ceux qui peuvent démontrer leur valeur et leur efficacité de façons diverses. Ce sont surtout les subventions qui déterminent la nature des travaux de recherches universitaires. Au Canada, la plupart des subventions concernant le domaine des sciences et de la technologie de la mer sont allouées par le CNRC. Cet organisme canadien est le seul qui soit habilité à accorder des subventions en se fondant seulement sur la valeur

scientifique du sujet proposé, et de celui qui le propose. Il faut que ce rôle soit soigneusement préservé. Cependant les subventions ne sont octroyées qu'aux universitaires, et elles sont gérées par l'université. Dans les pages qui précèdent, nous avons souligné que chaque laboratoire de l'État devrait disposer d'au moins quelques scientifiques et ingénieurs de grande valeur même si leurs recherches immédiates n'ont pas de relation étroite avec la mission du laboratoire. On peut appliquer la même observation aux laboratoires de recherches de l'industrie. Si le but primordial du CNRC est de maintenir le niveau d'excellence de la science canadienne, il devrait pouvoir subventionner les recherches de tous les scientifiques compétents, qu'ils soient ou non dans le milieu universitaire. Le CNRC devrait donc se charger d'encourager et de financer dans une certaine mesure la recherche de grande qualité, à la fois dans les ministères et dans l'industrie. L'un des principaux objectifs du programme de subventions disparaîtrait si l'on négligeait l'œuvre de nombreux scientifiques de valeur travaillant hors du secteur universitaire.

La situation actuelle semble découler de l'idée que les laboratoires de l'État et ceux de l'industrie doivent avoir leurs propres sources de financement, dont l'ampleur doit être déterminée. Il semble également que l'on redoute un «double financement» injustifié des programmes. Il faut que le nombre de subventions aux travaux de mérite accomplis dans les laboratoires de l'État et de l'industrie ne soit pas trop grand, au point qu'il gêne la réalisation de la mission du laboratoire. C'est pourquoi chaque directeur de laboratoire devrait être chargé d'approuver la demande de subvention et son acceptation par le scientifique. Mais il semble déraisonnable de réserver les subventions du CNRC aux universitaires sous prétexte d'éviter la concurrence entre les laboratoires de l'État, des universités et de l'industrie. Nous douterions de l'efficacité du système actuel si une telle concurrence nuisait au financement des universités.

Il faut donc procéder à une répartition équitable des fonds disponibles. Pour ce faire, on doit répartir les fonds de recherche *en utilisant des critères autres que celui du simple mérite*. Nous reviendrons sur ce point un peu plus loin.

Un certain nombre de scientifiques de l'État ont une solide réputation et possèdent des qualités qui les rendraient précieux pour les universités. Certains d'entre eux ont obtenu des postes universitaires officiels (mais non rémunérés) pour l'enseignement des étudiants diplômés. Ces détachements concerneront aussi les chercheurs de l'industrie, à mesure que la recherche industrielle se développera. Il faudrait que ces scientifiques de l'État et de l'industrie occupant des postes universitaires puissent demander au CNRC de financer leurs programmes de recherches servant à la formation des étudiants diplômés, tout comme ceux des autres professeurs d'université. Le nombre et la qualité des bénéficiaires seraient soigneusement contrôlés par l'université, à qui il reviendra toujours de rémunérer la plupart des membres de son personnel et de gérer le financement des recherches des étudiants.

Le financement d'une activité scientifique ne doit pas s'appuyer sur le seul critère des mérites du chercheur, mais il doit se fonder largement sur la pertinence des travaux à légard des objectifs nationaux. Comme c'est actuellement le CNRC qui finance le plus largement la recherche universitaire, il lui revient d'en évaluer la pertinence pour les objectifs du pays. Il est très difficile de comparer par exemple les mérites respectifs d'un projet de recherche sur les propriétés chimiques d'un enzyme, et d'un autre sur les transferts d'énergie à la surface de contact entre l'air et l'eau. Ainsi, tous les programmes de subventions exigent qu'on prenne certaines décisions concernant la répartition des sommes entre différentes grandes disciplines en fonction de l'intérêt national. Mais, sauf dans des cas spéciaux, nous doutons qu'on doive charger le *même groupe d'examineurs* d'évaluer, à la fois le mérite scientifique du chercheur et

l'intérêt que présente son programme. Nous croyons que l'évaluation de la pertinence du travail à effectuer devrait être faite par le ministère responsable. Nous croyons que les directions de recherche des ministères devraient accroître les crédits qu'elles consacrent aux subventions et aux contrats de recherche, et que les chercheurs de l'État et des universités devraient pouvoir demander ces fonds de la façon ordinaire. Bien entendu, les notions de mérite et de pertinence ne s'excluent pas. Quoi qu'il en soit, nous soutenons que le CNRC devrait financer la recherche qui présente une grande valeur, même si sa pertinence ne saute pas aux yeux. Par ailleurs, il y a des cas où la recherche, sous son aspect élémentaire, revêt un grand intérêt. Là encore, il faut l'encourager par l'entremise du ministère spécialisé approprié.

Il faut étudier très soigneusement le problème qui préoccupe les administrateurs, soit la possibilité de double financement par l'État d'un programme de recherche donné. Il est évident qu'aucun programme ne doit être financé deux fois par la même source, à cause de son mérite. Il faut également que le financement, lorsqu'il est unique et motivé par la valeur du chercheur, soit suffisant pour financer les travaux. Cependant, dans le cas où l'on considère la pertinence du programme, la situation est complètement différente. Il est plus que vraisemblable que dans un domaine interdisciplinaire, comme celui des sciences de la mer, un projet particulier ou un groupe de projets intéressera un certain nombre de ministères, même si aucun d'entre eux n'est prêt à assurer le financement total. C'est cette situation qui se présente souvent dans le cas de nombreux programmes du CCO. Il est donc important de se rendre compte qu'un programme particulier présentant un grand intérêt doit pouvoir compter sur plusieurs sources de financement. Celui-ci pourrait être effectué par plusieurs ministères, à condition que le directeur du programme leur révèle les sources du financement passé et prévu.

Au chapitre V, nous avons traité en

détail du problème de la dépendance trop étroite de la recherche universitaire à l'égard de la formation des diplômés. Pour résoudre ce problème, on devrait accorder un plus grand nombre de bourses post-doctorales; d'autre part les subventions et les contrats que le CNRC et l'État octroient à des professeurs ou à des groupes de professeurs devraient inciter ces derniers à utiliser des auxiliaires techniques.

Précédemment, nous avons examiné le problème des fluctuations du nombre des étudiants s'intéressant aux sciences et à la technologie de la mer. Ceci constitue certainement un obstacle au fonctionnement harmonieux de l'enseignement supérieur en ce domaine. En effet, par le passé, on a laissé les problèmes de fluctuations du nombre des diplômés se résoudre d'eux-mêmes, grâce à l'émigration des excédents vers les États-Unis, et au recrutement de chercheurs de toutes les parties du monde lors des pénuries. Il est certainement très important pour le développement scientifique et surtout technologique du Canada, que les universités, l'État et l'industrie puissent recruter les meilleurs spécialistes du monde entier, et l'on ne doit restreindre en aucune façon cette possibilité. Cependant, il faut quand même réduire les fluctuations des effectifs formés et essayer d'équilibrer l'offre et la demande.

Il est vraisemblable que l'adoption des propositions de notre rapport en vue de réaliser de grands programmes océanographiques permettrait de résoudre les problèmes de fluctuations; on pourrait simplement énoncer une politique à long terme qui stabiliserait le marché de l'emploi. On doit cependant s'efforcer, en améliorant les méthodes modernes de rationalisation des choix budgétaires, de stabiliser et de préciser les offres d'emploi dans le secteur public, afin de permettre aux universités de tenir compte de cette demande pour l'élaboration de leurs programmes avec cinq ans d'avance. Mais il faudra amortir les errements possibles. Nous recommandons donc que le CNRC prenne l'initiative dans ce domaine et

qu'il élabore, de concert avec les ministères s'occupant de recherche, un programme souple d'octroi de bourses post-doctorales dont la durée pourrait varier. Ce programme aurait pour but de fournir du travail aux titulaires de doctorats au cours des périodes de recrutement insuffisant par les laboratoires de l'État. Il faudra probablement que le Conseil du Trésor et le ministre chargé de la politique scientifique admettent que les organismes subventionnaires puissent répartir assez librement les crédits entre le financement de la recherche et l'octroi de bourses.

Finalement, il faudra accorder une attention spéciale à certaines activités, telles que le financement des travaux de R & D dans l'industrie et la formation des ingénieurs et technologues au cours des années 1970, et peut-être ultérieurement.

Il semble que si l'État encourageait les activités de R & D en sciences et en technologie de la mer, sous l'égide de la Société canadienne pour l'exploitation de l'océan, quelques-unes des difficultés évoquées au chapitre V seraient certainement surmontées.

La formation d'ingénieurs et de technologues de la mer et ultérieurement, d'ingénieurs spécialistes de l'aménagement du milieu, constituera un nouveau champ d'action pour le Canada. L'Institut d'océanographie de l'Université de la Colombie-Britannique et celui de l'Université Dalhousie sont prêts à assurer cette formation supérieure, de concert avec les départements de technologie des universités locales. Ces instituts auront besoin d'une aide spéciale du CNRC. Certaines autres universités voudraient étendre leurs activités dans le domaine de la mer. Nous ne pouvons faire une évaluation des possibilités respectives des écoles d'ingénieurs, faute de données. Cependant, nous sommes d'accord avec les lignes de conduite du CNRC dans le domaine des sciences et de la technologie de la mer: le Canada a tout intérêt à concentrer son aide financière en soutenant quelques centres de spécialisation. Nous croyons davantage d'utiliser les

installations des principaux centres océanographiques, ainsi que le personnel des instituts actuels, pour étendre les activités de formation technologique.

Il faut considérer différemment l'enseignement des disciplines de la mer au premier cycle. Nous avons besoin tout d'abord de bons ingénieurs, ensuite de spécialistes. Au stade actuel, nous ne croyons pas que les spécialités techniques soient assez clairement délimitées pour justifier une dilution ou une réorientation des disciplines vers la technologie de la mer au premier cycle. Plusieurs universités américaines ont ainsi modifié leurs programmes et nous croyons que les diplômés ainsi formés furent défavorisés lors de l'abandon d'un grand programme américain d'océanographie. Toutefois, nous pensons que la formation d'un ingénieur-mécanicien pourrait englober des exemples tirés des problèmes maritimes. Le groupe d'étude a été très impressionné par les projets du doyen de la faculté de Technologie de l'Université Mémorial de Terre-Neuve, qui a l'intention d'utiliser le milieu environnant à ces fins. Cette méthode est saine et ne risquerait pas de mettre ses diplômés dans une situation désavantageuse, bien au contraire. Il faut encourager de telles initiatives.

Les diplômés des différents instituts provinciaux de technologie seront de plus en plus demandés en raison du développement des activités de l'industrie et de celles de la recherche dans le domaine maritime. Ces instituts devraient consulter les employeurs éventuels des secteurs de l'industrie et de l'État avant d'introduire dans leurs programmes des cours techniques destinés à faciliter la compréhension des problèmes de la mer. Il faudra procurer à ces instituts une aide financière spéciale si les activités maritimes se développent très rapidement.

Les problèmes spéciaux d'administration de la R & D dans les secteurs public et industriel

Les différentes activités auxquelles se livrent l'industrie et le secteur public peuvent en gros se classer sous deux rubriques : les services et les travaux scientifiques. En

fait, les deux classes sont réunies par la fonction normale et principale de service. Dès qu'un objectif a été cerné, il est possible de créer un mécanisme pour l'atteindre. L'autorité doit s'exercer alors à partir du sommet, afin de garantir des normes satisfaisantes d'exécution. Ce sont, en définitive, les réactions du consommateur ou de l'électeur qui guident les autorités dans leur évaluation de l'efficacité des services rendus ; elles leur permettent de préciser les différentes fonctions et de régler la production. Bien que les opérations soient d'un détail complexe, les règles générales du fonctionnement du mécanisme sont relativement bien connues et l'industrie, de même que le secteur public, ont mis au point des techniques administratives semblables et relativement efficaces pour résoudre les problèmes.

La nature de la recherche est tout à fait différente. Si les notions qu'elle utilise et les problèmes qu'elle examine étaient aussi clairement définis que dans le seul domaine des services, l'État ou l'industrie n'en accompliraient guère. Tous deux pourraient concentrer leurs efforts sur le développement, la technologie et l'innovation. Mais plus souvent qu'autrement, la recherche met en lumière un nouvel aspect du problème, ou bien elle révèle la nécessité et la possibilité d'utiliser des méthodes nouvelles pour la mise en œuvre d'un procédé ou la fabrication d'un produit déjà connu. C'est pourquoi la recherche est nécessaire pour établir un courant d'information qui, de chaque chercheur ou équipe de chercheurs, ira jusqu'aux autorités supérieures, lesquelles pourront utiliser ces données dans le domaine des services. La structure administrative du secteur scientifique vise à assurer ce courant d'information. Les modes autoritaires d'administration que peuvent utiliser l'État ou l'industrie ne répondent pas du tout à cette exigence. Nous avons déjà dit que le fonctionnement efficace de la recherche nécessite que l'on renonce à la diriger au niveau de l'exécution en échange de la contribution quelquefois minime, mais souvent vitale, qu'elle fournit aux activités de toute la collectivité.

Il existe des différences importantes dans la façon dont l'État et l'industrie peuvent utiliser la recherche scientifique, mais ces deux secteurs ont en commun qu'il leur faut planifier les grandes options de la recherche et les articuler dans un programme général, même si l'on reconnaît que le scientifique doit mener une action indépendante. Cette situation est bien illustrée dans le secteur privé, et l'État pourrait s'en inspirer. Comme Kinzel (*op. cit.*) déclare au sujet du secteur privé:

«Une des fautes commises au début du siècle, et qui a été corrigée rapidement, a été de considérer la recherche comme une activité secondaire, dont seuls les résultats prometteurs devaient être pris en considération. De nos jours, on reconnaît généralement que pour tirer le plus grand parti de la recherche et la servir au mieux, il faut que le directeur des recherches soit non seulement en contact avec la haute direction, mais aussi qu'il y participe pour comprendre la nature de l'activité et les besoins de l'entreprise».

Il est difficile d'obtenir cette intégration à cause de la complexité des rouages administratifs, mais on doit s'efforcer d'y parvenir. Une solution peu satisfaisante consisterait à charger d'*anciens* scientifiques de la haute direction. Si leur spécialité évolue rapidement, leurs connaissances techniques sont rapidement dépassées et leur jugement scientifique ne vaut guère mieux que celui d'un profane intelligent. Ils ne sont pas plus préparés à déterminer les domaines, les procédés ou les produits qui nécessitent l'exécution d'un programme de recherche qu'à les réaliser. Ces décisions sont celles du directeur des recherches, qui est parfaitement familiarisé avec la nature et les besoins de son secteur. La haute direction a la charge de considérer les répercussions de la recherche et de décider comment modifier les aspects technologiques et administratifs de l'entreprise. Sous cet angle, les anciens scientifiques constituent un atout pour la haute direction.

Ces influences réciproques ont posé des problèmes particuliers aux administrateurs du secteur public, et les deux parties ne savent pas bien comment les résoudre. Les problèmes du Canada en ce domaine ne sont certainement pas plus nombreux que ceux des autres pays, et les activités scientifiques maritimes de notre pays semblent indiquer le contraire. Toutefois, certains problèmes particuliers ont retenu notre attention, et on doit leur chercher une solution.

Il semble que les activités de recherche du secteur public rencontrent des obstacles dus à la volonté des administrateurs d'organiser les travaux en détail pour des motifs d'ordre, d'uniformité et d'efficacité du contrôle. L'État a fait de quelques-uns de ses ministères, dont certains ont un rôle de gestion, des organes servant d'autres ministères. C'est ainsi que le ministère des Travaux publics a reçu la charge de subvenir aux besoins des autres ministères en matière de construction et de biens immobiliers (seul le ministère de la Défense est servi par Defense Construction Ltd). Le ministère des Approvisionnements et Services effectue des achats pour le compte des autres ministères et négocie les contrats de R & D entre ceux-ci et les organismes extérieurs. La Commission de la Fonction publique et la division de la Classification décident en dernier ressort de l'embauche et de la rémunération de tout le personnel de l'Administration. Ces organismes, qui dispensent des services au sein du secteur public, jouent un rôle essentiel, ne serait-ce que parce qu'ils emploient des experts ayant une connaissance pratique et récente du marché, et qu'ils constituent une excellente source d'information et de conseils. Cependant, à cause des règles de l'Administration, ils exercent un monopole au sein du secteur public, et leur efficacité ne peut être éprouvée par la concurrence. Il est regrettable que leurs services ne soient pas tous bons, et que, dans certains cas, ils créent des difficultés réelles. À l'origine de celles-ci, se trouve le manque de familiarité des organismes intéressés avec les besoins des utilisateurs

et l'absence d'intérêt pour les problèmes de ces derniers. Par ailleurs, ils ne les consultent pas quand il s'agit d'évaluer l'efficacité des services rendus.

Dans ses recommandations sur le problème de la gestion financière, la Commission Glassco exposait le nécessité d'établir des liens plus étroits entre les services de la direction et ceux de la gestion. On devait y parvenir en rendant les ministères responsables de l'utilisation de leurs crédits, de leurs dépenses, ainsi que de la conception et la bonne marche de leur propre comptabilité. À en juger par les plaintes des scientifiques, on n'a pas réussi à appliquer ces principes à la gestion des programmes, et l'on a pu constater souvent un manque de souplesse dans les nominations du personnel, des retards déraisonnables pour la fourniture des services, l'augmentation des frais et une plus grande fréquence d'erreurs de communication. Tout cela nuit au travail de chacun. Pourtant, on pourrait espérer que ces problèmes de fonctionnement soient finalement moins fréquents et moins importants dans les activités ordinaires de l'État. Les travaux scientifiques sont, par contre, variables et la condition du succès est souvent d'agir promptement. En ce qui concerne le personnel scientifique en particulier, l'Administration doit savoir que si les autorités centrales ont raison d'assigner *a priori* une tâche dans le secteur des services, il n'est pas indiqué qu'elles fassent de même quand il s'agit des travaux d'un scientifique et de son équipe de travail. En général, aucun organisme extérieur n'est en mesure d'apprécier les problèmes quotidiens qui se posent à ceux qui dirigent les travaux scientifiques. Pour les questions d'affectation des chercheurs, d'acquisition d'équipement à des fins scientifiques, de fourniture de services et de négociation de contrats d'études techniques entre les laboratoires de l'État et les organismes extérieurs, il importe que les ministères qui fournissent des services délèguent leurs pouvoirs aux responsables du fonctionnement du laboratoire. Dans le cas des grands contrats d'étude tech-

niques (de 25 000 dollars et plus, par exemple) accordés par les ministères, il est clair qu'il faut entreprendre des négociations très sérieuses. Espérons que l'Administration fera appel à la Société canadienne pour l'exploitation de l'océan, pour les contrats d'océanologie et de génie océanique. La réglementation de l'allocation des contrats doit être conçue de façon à le permettre.

La nécessité, soulignée par Kinzel, d'associer étroitement les directeurs des recherches et les administrateurs de leur organisme montre l'utilité de la création d'une Société canadienne pour l'exploitation de l'océan. Il semble que l'efficacité de la recherche effectuée dans les ministères dépende de la connaissance qu'a le directeur des recherches des activités et des problèmes de son ministère. Bien qu'on puisse espérer que les directeurs s'initieront aux problèmes de l'industrie, on ne peut attendre d'eux qu'ils connaissent à fond les difficultés particulières de chaque firme et qu'ils réussissent à toutes les résoudre. Il faudra encore encourager l'industrie à étendre ses propres recherches parallèlement à ses activités de développement technique, de technologie et de commercialisation.

Comme l'exploitation des ressources de la mer aura de vastes répercussions sur divers aspects du milieu naturel, les ministères concernés devront étendre leurs recherches pour étayer leur activité d'aménagement. Il faudra établir d'étroites liaisons entre les spécialistes s'occupant de la recherche, de l'aménagement et de la mise en valeur. Malheureusement, il semble que l'Administration ait tendance à gêner ce rapprochement en séparant la recherche de ses applications; par ailleurs, les locaux où se déroulent ces deux activités sont souvent très éloignés les uns des autres. Dans le domaine des pêches, l'ORP est tout à fait séparé des services de l'expansion industrielle et de celle des ressources. Dans le secteur de la défense, le Conseil de recherches pour la défense est séparé de la direction des services techniques. Le CNRC dirige à Ottawa un certain nombre de services

s'occupant des problèmes de la mer, et qui, semble-t-il, n'ont guère de rapports avec les centres océanographiques ou l'industrie maritime. Il existe de graves lacunes de communication entre les services de recherches et de développement technique, et elles ne seront pas comblées par des règlements, des exhortations ou des conversations téléphoniques.

Nous pensons qu'il ne faut pas laisser les administrateurs charger les chercheurs de l'exécution des tâches quotidiennes ou des travaux à court terme, et que les spécialistes préposés aux travaux de développement technique ne doivent pas être obnubilés par l'étude de problèmes théoriques et à long terme. Ces activités de natures différentes justifient bien une distinction d'ordre administratif et financier. Mais cela n'empêche pas le groupement des équipes dans le même édifice, sous les ordres d'un seul directeur de laboratoire. Ce rapprochement est très souhaitable, car les connaissances et les aptitudes d'une équipe peuvent être utiles à l'autre. La région d'Halifax-Dartmouth fournit de nombreux exemples de combinaisons de ce genre, et nous estimons que le ministère des Pêches et Forêts a raison d'établir un centre groupant les services des Ressources et ceux de l'ORP au sein de l'Institut Bedford, en vue de résoudre les problèmes de la pollution.

Il est nécessaire qu'outre celles de l'État et des universités, les activités de R & D de l'industrie soient importantes; il importe, par ailleurs, de développer les échanges entre les trois secteurs. On note qu'aux États-Unis, il est tout à fait courant que l'industrie consulte les universitaires; de plus, les océanologues canadiens ont joué ce rôle pour le secteur privé américain. Mais les consultations de l'industrie canadienne sont rares. Si l'on veut que la science et la technologie se rendent utiles, il faut changer cette situation; mais il est alors difficile de satisfaire les deux parties: d'un côté, le secteur public est désireux de diffuser les connaissances technologiques, et, au moins dans certains cas, il veut aider l'industrie à utiliser ces données; de l'autre, le labora-

toire de recherches du ministère exécute des missions déterminées. Si le laboratoire est dynamique, on lui offre plus de programmes de recherches qu'il ne peut en entreprendre et le directeur du laboratoire sera toujours à la recherche de scientifiques capables à la fois d'approfondir les problèmes de R & D et d'en élargir le champ. On le place en face d'un dilemme si on lui demande de favoriser le développement d'une industrie en accueillant dans son laboratoire des scientifiques et des ingénieurs que cette industrie lui envoie pour apprendre des techniques ou exécuter des programmes sans rapports avec la mission du laboratoire, ou si l'on dit à ce directeur de consacrer une grande partie de son budget de R & D au paiement de contrats de recherches à l'extérieur, alors qu'il pourrait accroître la compétence de son propre personnel, ou encore si on le presse de laisser ses scientifiques travailler sous contrat à des travaux pour l'industrie. D'un autre côté, s'il accepte, il ne sera pas suivi par la majorité de ses scientifiques qui partagent son aversion pour plusieurs de ces tâches *particulières*. Un directeur ne peut certainement pas se permettre de perdre ses collaborateurs. Si l'Administration formulait des directives pour accroître les échanges de cette sorte, elles seraient nécessairement restrictives. Or, toute restriction tend à limiter le champ des activités et à produire une quantité gênante de paperasserie. Il s'agit plutôt d'étendre la gamme des activités et de les multiplier, notamment dans les domaines où l'industrie peut acquérir une compétence; ainsi on développera le secteur privé canadien. Il semble qu'il faille concevoir certains stimulants capables d'inciter le directeur du laboratoire, ses scientifiques et la direction de son ministère à favoriser le développement de l'industrie.

Si l'on envisage de placer temporairement des scientifiques et des technologues de l'industrie dans les laboratoires maritimes de l'État, rien ne s'oppose à ce que le visiteur apporte avec lui des fonds pour financer le déroulement des travaux, pour payer les techniciens, le matériel et les

frais généraux du laboratoire. Si le visiteur avait très souvent besoin des conseils et de l'aide d'un scientifique du laboratoire, il pourrait payer une indemnité qui financerait les travaux de ce chercheur. Le financement de ses activités pourraient provenir d'un fonds spécial constitué dans le cadre du programme IRA du CNRC, ou de la SOCALO, et il pourrait même acquitter une partie du traitement du chercheur envoyé par l'industrie, ce qui serait un stimulant pour celle-ci. La durée de l'affectation et la nature du travail devrait faire l'objet d'un accord entre le directeur de laboratoire et la firme industrielle.

Dans le cas des contrats accordés à des organismes extérieurs, il serait aisé de fournir un stimulant aux laboratoires de l'État, soit en leur octroyant des fonds spéciaux pour couvrir une partie du coût des contrats, soit en accroissant les crédits budgétaires de ceux qui auraient négocié avec succès des contrats de développement technique entièrement financés par l'État. Les laboratoires pourraient également obtenir un traitement préférentiel pour les entreprises canadiennes avec lesquelles ils réussissent une collaboration particulièrement fructueuse. Il n'est pas facile d'établir ces relations de travail, car elles exigent au début des efforts et une patience considérables.

Pour encourager l'utilisation des cabinets de consultants, les règlements administratifs devraient laisser les chercheurs de l'État agir en tant qu'experts-conseils. L'État doit être pleinement indemnisé pour les services rendus par son salarié, mais il doit laisser au scientifique toute liberté pour négocier les termes du contrat avec la société privée. Celle-ci doit pouvoir évaluer la valeur du chercheur. En même temps, l'Administration devrait accorder certains crédits au laboratoire pour lui permettre de poursuivre ses objectifs sans être trop gêné par les consultations. Les demandes fréquentes de consultations constitueraient des signes de réussite pour le laboratoire. En plus d'être indemnisé, le laboratoire devrait recevoir du Conseil du Trésor et de son

ministère des augmentations de crédits au-dessus de la moyenne, pour paiement des traitements.

Les courts détachements de personnel entre les universités, l'État et l'industrie sont souhaitables et doivent être encouragés, afin d'assurer le succès des programmes de R & D de l'industrie, mais par ailleurs, il faut obtenir une plus grande mobilité du personnel à temps complet. Les meilleurs laboratoires de l'État pourraient devenir des pépinières de chercheurs où puiseraient l'industrie et même l'université. L'État doit encourager ce processus. Or, les réglementations et les méthodes actuelles de l'Administration s'y opposent. Le transfert des droits de pension pose un problème particulièrement important. Il est clair que l'État doit rendre complètement transférable les droits à pension des scientifiques et des directeurs, dans l'intérêt de notre pays.

L'industrie a intérêt à développer certains genres de travaux de R & D sous sa direction. Mais il y a des domaines où elle n'ose s'aventurer. Ainsi, si l'industrie pétrolière désire entreprendre des recherches sur l'extraction du pétrole, elle fera appel aux services de l'État ou de firmes privées pour obtenir des données sur le milieu océanique. Elle a notamment besoin de connaître en détail les prévisions atmosphériques et l'état de la mer et des glaces. L'Administration pourrait fournir des services précieux grâce aux données déjà disponibles ou à celles qui sont rassemblées par les divers centres de données océanographiques et météorologiques de l'État. Mais il se trouve que ces centres n'ont pas un personnel suffisant pour répondre à toutes les demandes détaillées. Il faudrait que l'État crée immédiatement des centres spéciaux pour l'interprétation des données, qui fonctionneraient en liaison avec les centres de données. Leur principale tâche serait d'offrir l'information pouvant servir aux firmes prospectrices du pétrole sous-marin. Dès qu'ils auraient fait leurs preuves, ces centres d'interprétation prendraient la forme de firmes privées de consultation. Ce programme pourrait être

réalisé par la Société canadienne pour l'exploitation de l'océan.

La présente section serait incomplète, si l'on ne mentionnait pas le nécessité d'étudier soigneusement le régime douanier actuel du Canada. Il existe toujours des droits de douane conçus pour procurer des recettes à l'État, plutôt que pour soutenir l'industrie canadienne face à ses concurrents étrangers. En outre, la politique douanière du Canada peut en fait *dénaliser* l'industrie canadienne. Par exemple, un chef d'entreprise canadien désireux de fabriquer certains instruments peut se heurter à la concurrence de produits importés. Généralement, il doit utiliser des composants qu'il fait venir de l'étranger. La plus grande partie de l'équipement servant aux essais doit aussi être importée. Les composants et l'équipement sont soumis à des droits de douane.

Mais quand le fabricant veut vendre ses instruments, il découvre que les laboratoires de l'État et des universités constituent son principal marché. Or, en vertu d'une dispense spéciale, ni les services de l'État, ni les universités ne doivent acquitter de droits de douane.

C'est ainsi que le fabricant canadien est handicapé quand il essaye de vendre ses produits dans son propre pays. Son client paie indirectement un droit de douane sur le produit canadien, alors qu'il ne paie rien sur les produits importés directement!

Comme le domaine des instruments scientifiques n'est pas spécialement propice à l'application d'une loi favorisant l'achat des produits canadiens, nous concluons à regret qu'il faudrait supprimer l'exemption de droits dont bénéficie le matériel scientifique destiné aux laboratoires de l'État ou des universités. Les laboratoires océanologiques qui déjà ne consacrent pas assez d'argent à l'achat de matériel et à son développement technique, auront à souffrir de cette mesure. On devra en tenir compte pour le calcul des crédits budgétaires suivant la modification des règlements douaniers.

On pourrait envisager des modifications plus radicales des tarifs douaniers. Les

débouchés pour les instruments océanographiques, sont restreints, et le marché mondial est bien petit; il paraît peu raisonnable de le fragmenter à l'aide de barrières douanières. À notre avis, il faudrait négocier la suppression réciproque des barrières douanières à l'importation d'instruments d'océanographie, avec tout pays y consentant. De tels accords conclus avec les pays de l'Europe occidentale et le Japon seraient fructueux. L'État pourrait alors verser une petite subvention aux exportateurs pour compenser le handicap que nous venons d'évoquer.

Les grands équipements

L'océanologie et le génie océanique dépendent tout autant des grands équipements de recherches et d'essais, que les «macrosciences», telles que la physique et le génie nucléaires, la recherche en haute atmosphère, la technologie aérospatiale, l'informatique et les télécommunications. Au Canada, les activités de R & D en génie océanique ont reçu une impulsion initiale grâce à la mise des navires de recherches océanographiques et halieutiques à la disposition de divers utilisateurs. Nous croyons que l'océanologie et le génie océanique doivent progresser pour que notre pays tire le profit maximal des débouchés qui s'offrent à l'industrie océanique; aussi, faut-il que nous préservions les avantages de notre système actuel de prêt d'équipements océaniques, et que nous l'étendions en fonction des besoins.

Les navires

Le Canada a élaboré des méthodes d'utilisation des navires-laboratoires qui semblent uniques au monde. Ailleurs, il semble normal que chaque institut océanographique possède en propre un navire-laboratoire ou plusieurs. Dans le cas d'un grand établissement disposant d'une flotte de navires-laboratoires, ce système peut donner satisfaction; pour beaucoup d'instituts de plus petite taille, il est si coûteux d'utiliser un navire, qu'il semble

que ce soit l'entretien de ce dernier qui oriente le programme de recherches. Au Canada, on a centralisé la répartition des navires sur une base régionale. Cette méthode est très avantageuse. De petits organismes peuvent utiliser des navires sans se préoccuper des problèmes d'équipage et de réparations. Ils ne sont pas obligés d'utiliser un navire parce qu'il se trouve là. Par ailleurs, un certain nombre d'expériences océanographiques demandent l'utilisation de plus d'un navire; quand l'importance de l'opération le justifie, le système canadien peut permettre à de petits organismes de réaliser de telles expériences.

L'utilisation des navires de recherche au Canada présente l'avantage, par rapport aux autres pays, de permettre la mise sur pied des croisières dans un but bien défini. Les scientifiques canadiens se rendent compte que l'efficacité d'une croisière dépend de l'abondance de données scientifiques de haute qualité qui ont été recueillies et non du nombre des scientifiques embarqués. C'est pourquoi ces derniers sont généralement peu nombreux.

Cette façon d'utiliser les navires suggère qu'ils ne doivent pas être plus gros que nécessaire pour remplir leur mission. Il n'en résulte pas qu'on ait mal fait de construire des navires de la grandeur de l'«Hudson» ou du «Baffin» et que nous n'en construisions plus. Ils sont nécessaires car ils tiennent bien la mer et offrent des conditions de vie supportables lors de longues expéditions dans des zones inhospitalières telles que l'Arctique. En fait, ceux qui ont travaillé à bord de l'«Hudson» le considèrent comme le meilleur navire océanographique au monde, bien qu'il n'en soit pas le plus grand. Cependant, la construction de gros navires doit être entreprise pour des missions spéciales, et non parce qu'ils peuvent accommoder de nombreux scientifiques.

L'utilisation actuelle des navires-laboratoires, équipés d'ordinateurs, exige que l'on se livre souvent à des analyses de données au cours des travaux scientifiques. L'utilisation judicieuse des navires nécessite une surveillance étroite de la progres-

sion des travaux, afin que le déroulement de la croisière soit modifié en fonction des résultats obtenus. Il ne faut pas qu'un calendrier trop rigide d'utilisation du navire empêche toute modification; c'est ce qui arrive souvent en certains endroits. Ce fait milite contre les croisières visant plusieurs objectifs. Dans chaque cas, on doit prévoir un *objectif primordial et charger un directeur* du programme scientifique de la responsabilité de tout changement à y apporter. En l'absence d'un tel directeur, il n'est pas facile d'éviter les conflits d'intérêts entre les scientifiques, au cours d'une longue croisière. Si d'autres scientifiques que ceux qui s'occupent du programme principal se joignent à l'expédition, il doit être entendu que leurs travaux viendront en second lieu et qu'en aucun cas ils n'empiéteront sur la tâche principale. Il revient aux directeurs des instituts de recherches et au comité gérant le groupe de navires de s'assurer que chaque secteur scientifique ait la primauté, à son tour, pour l'allocation des navires.

On devrait maintenir le système du central répartiteur de navires et l'on pourrait l'étendre pour y inclure des bateaux qui à l'origine n'étaient pas destinés à la recherche. On ne voit pas pourquoi le central répartiteur ne pourrait pas englober tous les navires de l'État dans une même région. Mais cela ne signifie absolument pas que tous les navires doivent fonctionner sous la direction d'un seul organisme. Nous avons déjà noté que certains problèmes proviennent de la centralisation par l'État de certaines tâches des services; des organismes spéciaux en sont chargés, qui ne sont pas familiarisés avec les activités de ces services ou qui ne s'intéressent pas à leurs travaux. Nous nous doutons qu'il en est de même dans d'autres domaines tels que le bris des nappes de glace ou le sauvetage en mer. Chaque institut de recherches aura intérêt à maintenir un contact étroit avec certains navires, afin d'évaluer leurs possibilités pour les travaux spéciaux, de familiariser leurs équipages avec les activités scientifiques et les chercheurs, et de projeter certaines modifications. Chaque navire

doit être conçu et équipé pour les besoins d'un organisme particulier, car il ne sera peut-être pas adapté à sa mission si on essaye de le rendre trop polyvalent. On doit rendre son utilisation aussi souple que possible, sans réduire ses possibilités spécialisées. Nous approuvons le CCO, qui soutient que la conception des navires-laboratoires doit satisfaire les besoins spéciaux des utilisateurs principaux, qui ont la part la plus grande à leur exploitation. Cependant, il doit être possible de préciser une gamme de tâches à accomplir par les navires, qui pourraient participer aux opérations du centre répartiteur chaque fois qu'il s'agirait de travaux de R & D. Les programmes devraient alors tenir compte des priorités établies par le CCO ou ses groupes d'étude régionaux.

Dans certaines zones, il faudra s'efforcer de trouver des navires supplémentaires. Par exemple, les travaux d'océanographie sur la côte atlantique souffrent du manque de navires-laboratoires. Cette situation résulte du retrait, par le ministère de la Défense nationale, d'un des navires mis au service du centre répartiteur. Les conséquences de ce retrait sont aggravées par le fait que la plupart des navires possédés et exploités par l'ORP, la direction des Pêches du ministère des Pêches et Forêts, le ministère des Transports et le ministère de la Défense nationale ne sont pas entièrement à la disposition du centre répartiteur, sous prétexte qu'ils doivent d'abord accomplir des programmes prioritaires pour leur ministère, ou qu'ils ne conviennent pas à des travaux de recherches. Si les navires de recherches halieutiques sont spécialisés, leurs caractéristiques ne les empêchent pas de se livrer à des travaux d'océanographie physique. Aussi estimons-nous qu'il faut intégrer les programmes prioritaires des navires de haute mer de l'ORP dans le programme général du centre répartiteur.

Certains des grands navires spéciaux des ministères et autres organismes fournissant des services sont sans doute mal adaptés aux travaux de R & D, et ils doivent respecter un ordre de priorité

absolu pour leurs services. Heureusement, les ministères détenteurs se sont montrés, par le passé, disposés à la réalisation d'entreprises communes. Ainsi, le ministère des Pêches et des Forêts a proposé ses navires pour la réalisation de programmes d'études halieutiques, océanographiques et de recherche, chaque fois qu'ils étaient disponibles. Le même ministère a fourni un matériel spécial et a procédé à de petites modifications des navires le cas échéant. Le ministère des Transports a fourni son aide pour les activités de recherche de l'État, notamment dans l'Arctique, et pour l'utilisation des petits sous-marins. Le ministère de la Défense nationale a prêté ses navires pour la réalisation de programmes industriels pouvant intéresser la défense du pays. Ces exemples montrent que ces navires peuvent servir à des recherches marines. Pour le moment, les accords sont généralement conclus entre deux organismes, parfois par l'intermédiaire du CCO. Il est très important que ces entreprises conjointes continuent à s'inspirer de l'intérêt du pays; cependant, cette méthode non systématisée ne suffira plus pour répondre aux demandes croissantes que nous prévoyons. Il faudrait qu'au moins une partie des flottes de ces services soit utilisée pour la recherche et la réalisation de programmes limités ou facultatifs dont s'occupent les centres répartiteurs régionaux.

Si notre proposition de création d'une Société canadienne pour l'exploitation de l'océan est acceptée, il faudra étudier les besoins spéciaux en navires découlant de ses activités. Il faudra peut-être construire des navires spéciaux. Cependant, il serait judicieux d'utiliser les navires actuels de l'État comme bancs d'essai du matériel spécial, ou pour faire la démonstration du matériel canadien à l'intention des acheteurs éventuels. Tant que les besoins du secteur privé ne justifieront pas l'utilisation de navires à temps complet, l'État devra prêter les siens pour les activités de R & D de l'industrie canadienne, selon les *priorités*.

Nous avons souligné fréquemment,

dans notre rapport, les possibilités de réalisations industrielles découlant des recherches de l'État. Naturellement, les mêmes considérations s'appliquent aux services fournis par l'État. À ce propos, on note que quelques problèmes se posent actuellement dans l'Arctique. Il existe certaines sociétés canadiennes qui opèrent dans l'Arctique et dont les activités seraient facilitées par l'utilisation d'un brise-glace. Cependant, les besoins actuels sont insuffisants pour justifier l'achat d'un brise-glace par une firme privée. Cette situation devrait évoluer rapidement. Quelle que soit l'attitude du Canada dans la question de souveraineté sur les passages navigables de l'Arctique, il se pourrait que des industries sous mainmise étrangère, comme celle du pétrole, décident de transporter leurs produits dans l'Arctique par la voie maritime et exercent une pression sur le Canada pour qu'il accepte d'importer des brise-glace construits et possédés par des entreprises étrangères. Il semble que notre pays devrait concevoir et construire une flotte de brise-glace dépassant les besoins actuels. Tout comme les Forces armées canadiennes ont joué un rôle de pionnier pour le transport aérien dans l'Arctique, et puis se sont retirées de son exploitation, ces flottes de brise-glace de l'État pourraient laisser le champ libre aux firmes canadiennes, au fur et à mesure de leur extension.

En tenant compte des besoins pour les transports et les levés dans l'Arctique, et de l'expansion de l'industrie en général, l'État devrait reviser sa politique d'exploitation et d'entretien de ses navires civils, en prévision de nouveaux arrangements qui favoriseraient le secteur privé correspondant. Nous avons noté ci-dessus que la flotte canadienne de navires-laboratoires est déjà importante, bien qu'elle ne puisse suffire à un programme d'expansion. L'extension des activités océanographiques mondiales crée des débouchés outre-mer pour des navires de recherche construits au Canada. En outre le domaine des études techniques océaniques prendra de l'extension. Bien que nous respectons

la compétence en architecture navale du ministère des Approvisionnements et Services, et que nous reconnaissons la valeur des méthodes d'utilisation des navires par l'État, nous devons constater que les organismes publics n'aiment guère innover en matière d'architecture navale. Il semble également que l'État ne puisse guère louer ses navires à l'industrie de façon régulière. Il a rarement la possibilité de les retirer tôt du service. Le renouvellement de la conception des navires et l'essor de l'industrie seraient mieux assurés si les firmes canadiennes étaient encouragées par l'État à construire et à utiliser des navires de recherche, à assurer des services spéciaux ou à entreprendre des études techniques, dans le cadre de contrats d'une durée d'environ cinq ans. Un fonctionnaire que nous connaissons a fait l'étude préliminaire d'un tel système et il a cité une Société offrant de construire un navire répondant aux besoins de l'État en matière de recherche. Le coût d'un contrat d'utilisation à long terme (trois à cinq ans) couvrant neuf mois chaque année, était inférieur aux soumissions pour des contrats à court terme, et comparable au coût de l'utilisation d'un navire de l'État. En effet, l'armateur avait des débouchés commerciaux pour son navire pendant le reste de l'année et ses frais de réparation étaient portés au débit de cette utilisation de son navire. L'armateur peut facilement vendre ses navires à l'étranger, permettant un renouvellement plus rapide des bateaux, et partant une modernisation dans la conception des navires. Ce système toutefois ne conviendrait pas à assurer tous les services nécessaires aux organismes publics. Mais les programmes de recherches océanologiques ou de génie océanique ne souffriraient pas si un tel système était adopté pour les navires de 500 à 1 500 tonnes. En raison de ses avantages, nous recommandons qu'on examine sans retard ce système de façon approfondie.

Les avions

On peut utiliser diversement les avions pour les observations océanographiques;

le développement rapide des techniques de levés à grande vitesse par engin remorqué et de prélèvement au ras de l'eau, favorise l'utilisation des avions en océanologie. Pour le moment, ils ne sont guère utilisés par les instituts de recherches océanographiques. Comme pour les navires, ce sont le CCO et ses groupes d'étude qui passent en revue les besoins. Les avions sont coûteux et exigent un entretien spécial; autant que possible, les besoins des organismes publics sont satisfaits par des ministères, comme ceux des Transports et de la Défense nationale, qui disposent d'appareils. De plus on nolisé des avions privés, quand ils sont disponibles. Il semble que les firmes aéronautiques pourraient jouer un plus grand rôle; cependant, si les activités dans l'ouest de l'Arctique devaient s'étendre, il faudrait fournir des sommes suffisantes pour les études en laboratoires et peut-être financer la mise au point d'avions dotés d'instruments spéciaux.

Dans le domaine des interactions de l'atmosphère et de l'océan, les travaux sont devenus si complexes qu'il faut utiliser des avions de ce genre. De plus, ces recherches nécessitent des équipages expérimentés et spécialement formés. Il se trouve que, pour d'autres raisons, l'Établissement aéronautique national dispose des moyens techniques nécessaires dans presque tous ces domaines. Il a aussi créé une section très qualifiée de conception des instruments aéroportés. Il paraît souhaitable que l'on rassemble sous la direction de cet Établissement tous les avions appartenant à l'État et servant à des recherches portant sur l'atmosphère et sur son interaction avec l'océan; ces appareils pourraient être mis à la disposition des laboratoires des universités, de l'État et de l'industrie, par l'intermédiaire d'un centre répartiteur analogue à celui qui attribue les navires.

Les petits sous-marins

Au cours des deux dernières années, on a étudié minutieusement les utilisations possibles des petits sous-marins pour les travaux océanographiques au Canada. Il semble qu'il y ait pour eux un grand nom-

bre de débouchés en recherche et dans l'industrie. Le Canada occupe une situation avantageuse en ce domaine, grâce à l'esprit inventif, la patience et la ténacité des fondateurs de la société International Hydrodynamics Inc., de Vancouver. Ils ont construit et font fonctionner les seuls petits sous-marins privés du monde, dont l'exploitation soit rentable. Ces engins témoignent d'une excellente conception et ont des performances élevées; il se prêtent remarquablement aux modifications nécessaires pour différentes utilisations.

Par l'intermédiaire du ministère de l'Industrie et du Commerce, divers organismes de l'État ont signalé au CCO qu'ils prévoyaient une utilisation plus étendue de ces engins, et dans certains cas, leur achat si leur budget le permettait. Bien que les utilisations possibles puissent être nombreuses dans les domaines de l'exploitation pétrolière, des levés dans l'Arctique, de la lutte contre la pollution, du sauvetage, et de la recherche halieutique, pour ne rien dire des problèmes de la défense nationale, il faut noter qu'il n'existe pas de demande sérieuse dans ces secteurs; cependant notre pays doit encourager cette industrie d'avant-garde à étendre ses activités.

Les centres d'essai

Il n'est guère possible pour quiconque n'a pas d'expérience directe en ce domaine, d'apprécier les difficultés, incroyables parfois, que posent les travaux à la surface de la mer ou en profondeur. L'expérience acquise à terre ne permet guère de résoudre les problèmes de météorologie de résistance à la corrosion ou à d'énormes pressions, et d'étanchéité du matériel électrique. Il importe d'éprouver rigoureusement les divers éléments des instruments et des ouvrages. Pour répondre à certains de ses besoins, le ministère de la Défense nationale a créé le Centre d'essais de Montréal, dont le secteur privé assure le fonctionnement aux termes d'un contrat. La réussite de ce centre en fait un exemple. Cependant, ses installations fonctionnent déjà à pleine capacité et, de toute façon, il n'est guère équipé pour des

essais sous haute pression.

Le programme d'expansion des activités océaniques nécessite la création rapide d'installations d'essai plus considérables. Il serait très avantageux pour la recherche, les études techniques et l'application industrielle, qu'on aménage des bancs d'essais sous pression d'éléments de têtes de puits et de petits sous-marins. Notre examen des activités et des organismes océaniques du Canada suggère que le gouvernement fédéral devrait encourager la création d'installations d'essai soit dans les laboratoires des conseils de recherches dans les provinces, soit chez l'industrie locale, en s'inspirant des réalisations du Centre d'essais de génie maritime. Comme nous l'avons signalé au chapitre IV, les firmes de nos deux littoraux ont besoin d'installations limitées pour essayer les éléments des navires. On pourrait les joindre aux bancs d'essais sous hautes pressions que nous préconisons ici.

La Société canadienne pour l'exploitation de l'océan devrait se charger d'organiser l'implantation des installations d'essai.

La création de centres d'océanologie et de génie océanique

La collaboration entre les différents laboratoires de recherche océanique a une longue et fructueuse histoire au Canada. Elle s'est d'abord développée sur la côte pacifique, grâce à une politique délibérée. En 1950, le Groupe océanographique du Pacifique (POG) de la station de l'ORP de Departure Bay, près de Nanaimo, comprenait quelques océanographes. À Esquimalt, près de Victoria, se trouvait le nouveau Laboratoire naval du Pacifique (PNL) du Conseil de recherches pour la défense. L'Université de la Colombie-Britannique, à Vancouver, venait de créer le nouvel Institut d'océanographie destiné à la formation des océanographes dont avait besoin le gouvernement fédéral. Ces trois groupes se rendirent rapidement compte qu'ils accroîtraient leur efficacité s'ils travaillaient de concert.

La collaboration affable, traditionnelle

dans l'Ouest canadien, prit forme officiellement au sein des trois groupes mentionnés, ainsi qu'avec le laboratoire de la marine de guerre d'Esquimalt, qui armait et exploitait les premiers navires-laboratoires utilisés dans cette région; le nouveau département d'océanographie de l'Université de Washington participait à ces travaux. On note, par exemple, que les premières croisières, entreprises par le PNL pour étudier la transmission des sons dans l'eau, comprenaient du personnel du POG, étudiant la répartition des masses d'eau. Au cours des années 1950, les meilleurs travaux océanographiques du Canada, et quelques-uns des meilleurs du monde, ont été réalisés au sein de cet ensemble de la côte Ouest.

Au cours des premières années 1960, l'État concentra délibérément son action sur la côte Est. On comptait déjà dans cette région un laboratoire technologique de l'ORP, des laboratoires de la Fondation de recherches de la Nouvelle-Écosse et le laboratoire régional de l'Atlantique du CNRC. L'Établissement de recherches navales du CRD avait déjà à son actif de solides travaux. Bientôt, on créa un second institut d'océanographie, à l'Université Dalhousie. Puis on fonda l'Institut Bedford d'océanographie, à Dartmouth. Cet ensemble de centres de recherches était encore plus prometteur que celui de la côte Ouest. Les laboratoires fédéraux n'étaient pas seulement plus importants que leurs homologues de la côte Ouest: tous les établissements se trouvaient, en outre, à proximité les uns des autres, si bien qu'il était possible de collaborer plus étroitement que sur la côte Ouest, où une visite à un autre laboratoire nécessitait une journée. Maintenant, c'est le complexe d'Halifax-Dartmouth qui montre l'exemple.

L'implantation, dans la région d'Halifax-Dartmouth, de grandes installations servant aux observations océanographiques et aux analyses de laboratoire, et la fondation d'un institut universitaire où les disciplines orientées vers la mer étaient largement représentées, ont créé un foyer d'activité commune pour des organismes

de fonctions diverses. Ainsi, le scientifique d'un laboratoire pouvait discuter de ses problèmes avec le chercheur d'un autre laboratoire, ou trouver chez son voisin l'appareil scientifique dont il avait besoin. Les chercheurs de divers laboratoires ont pu, de concert, concevoir et exécuter certains projets et en publier les résultats. Dans ce contexte favorable, l'ORP a créé un Laboratoire d'écologie marine au sein de l'Institut Bedford, œuvrant en liaison avec le Laboratoire océanographique de l'Atlantique du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources; par ailleurs, le Collège technique de la Nouvelle-Écosse a institué un programme d'enseignement et de recherche océaniques. Encouragées par le CCO, le Commandement des forces armées dans les Maritimes, les services de la météorologie et des questions maritimes du ministère des Transports et le département des Maritimes du ministère des Pêches, mirent de plus en plus leurs installations au service de la recherche et du développement en échange d'un réseau important d'information utile à leurs propres opérations. Non seulement les laboratoires et les services agissent-ils de concert, mais ils effectuent de plus en plus leur planification ensemble et se consultent dans le but d'établir leurs budgets.

Ce genre d'échanges s'est graduellement étendu au niveau des opérations. Par exemple, l'Université Dalhousie a désigné officiellement des membres de la Fondation de recherches de la Nouvelle-Écosse, de l'Institut Bedford et du Laboratoire régional de l'Atlantique du CNCR pour qu'ils occupent un poste dans ses divers départements et à l'Institut d'océanographie, en qualité de scientifiques et de chargés de cours supérieurs. Le laboratoire océanographique de l'Atlantique du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, et le laboratoire d'écologie marine de l'ORP, ont formé au sein de l'Institut Bedford des groupes de travail qu'ils financent et dont ils établissent les programmes conjointement. Le Laboratoire régional de l'Atlantique du CNRC a fondé un comité consultatif, et il a nommé

les directeurs de l'Institut d'océanographie de l'Université Dalhousie et du Laboratoire d'Écologie marine de l'Institut Bedford pour y participer. En outre, la plupart des organismes d'exécution et de recherche examinent en commun les projets et les programmes du groupe d'étude du CCO pour la côte Est. Ainsi s'est développé dans la région d'Halifax-Dartmouth un centre océanographique bien articulé qui constitue plus qu'un simple groupement de laboratoires et de services océaniques. Cette articulation des opérations entre des organismes de créations et d'affiliations diverses est encourageante, quand on considère la gamme d'utilisations possibles de la mer, pour les différentes tâches de l'État et de la société. Il semble que ce processus ait largement contribué à résoudre les problèmes complexes dont la Commission Glassco a discuté, il y a dix ans, quand elle a reconnu la nécessité d'un programme national d'océanographie. À l'époque, il paraissait nécessaire de créer un Conseil de la mer, ne relevant pas d'un ministère fédéral, et dont les activités seraient complétées par la recherche que chaque ministère entreprendrait en son sein et pour ses besoins. Ce centre océanographique d'Halifax apparaît comme une grande réussite, bien que son administration et l'exécution des travaux océanographiques puissent être améliorées.

Officiellement, les dirigeants des organismes qui collaborent aux opérations du centre ne se retrouvent face à face qu'au sein d'un comité du Cabinet, et même là les relations entre organismes fédéraux et provinciaux ne sont pas entièrement claires. La souplesse d'opération du centre n'a résulté que du rapprochement de spécialistes très qualifiées, ayant une mutuelle considération les uns pour les autres. Les progrès du centre s'appuient sur l'œuvre du Comité canadien d'océanographie. La collaboration suscitée par les sentiments de considération mutuelle a engendré une réelle interdépendance. Comme les activités du centre s'étendaient, il s'est trouvé que chacun des organismes composants pouvait fournir quelque chose

d'utile à d'autres: un service, un appareil important, le concours d'un expert, ou un navire. C'est là la cheville ouvrière de toutes les réalisations. Les monopoles, en recherche, sont plus faciles à administrer et à organiser, mais ils sapent l'esprit d'invention, la critique interne et la collaboration bénévole. On doit s'y opposer.

Nous avons précisé que l'expérience d'Halifax-Dartmouth n'était pas encore parachevée, en partie parce que le processus d'interaction entre les fonctions de recherche et de service est en pleine expansion. Par ailleurs, l'influence du centre, rehaussée par la création d'excellentes installations et la présence de nombreux scientifiques, se fait encore à peine sentir dans les autres parties du pays et à l'étranger. On a mis en œuvre, à l'avantage des uns et des autres, des programmes d'échanges et de collaboration avec un certain nombre d'organismes extérieurs, comme l'Université McGill et le CNRC à Ottawa. Toutefois, l'expérience est incomplète surtout parce que l'efficacité des échanges avec l'industrie n'a pas encore été bien éprouvée. Les sociétés pétrolières se sont intéressées vivement aux résultats des programmes d'études géologiques et géophysiques. On a encouragé certaines petites firmes à fabriquer et à vendre des instruments. Les entreprises de pêche ont montré de l'intérêt pour les études concernant la répartition des poissons et les problèmes que pose leur recherche. Bien que la plus grande partie de la recherche puisse être considérée comme appliquée, jusqu'à présent il ne se fait que peu d'études techniques, si l'on excepte certains grands travaux exécutés par le Conseil de recherches pour la défense. Citons, parmi ceux-ci, le programme bien connu d'étude des hydroptères. À notre avis, cette lacune sera comblée grâce à la création de la Société canadienne pour l'exploitation de l'océan. Certaines des activités de cet organisme devraient concerner l'ensemble d'Halifax-Dartmouth.

Le succès de ce centre en fait un exemple pour les futures réalisations canadiennes, dans le domaine de l'océanographie. Par exemple, il faudrait étendre

les connaissances en océanographie physique, géologie, géophysique et biologie dans le Pacifique nord.

À présent, la situation sur la côte Ouest présente certains traits regrettables. Les trois principaux laboratoires—POG, IOUBC et DREP (anciennement PNL)—sont toujours aussi séparés les uns des autres; de plus, certains changements de la politique fédérale et des programmes ont été malheureux. Vers 1965, le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources entendait construire, sur la côte Ouest, un laboratoire qui serait conçu sur le modèle de celui de Bedford. On aurait transféré le POG dans ce nouveau laboratoire, tout comme l'on avait incorporé l'AOG à l'Institut Bedford. Cependant, une série de consignes d'austérité données par le gouvernement, et la nécessité pressante de créer un Institut des eaux douces près des Grands lacs, ont retardé jusqu'à présent la mise en œuvre du projet. Le POG a maintenu ses activités, en demeurant dans l'expectative. L'ORP a décidé de ne pas le développer, car on s'attendait à ce qu'il fusionne avec un laboratoire plus important du ministre de l'Énergie, des Mines et des Ressources; ce dernier aurait fourni les spécialistes nécessaires. Cette incertitude a beaucoup affecté le moral du personnel du POG et des services du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources dans l'Ouest. Les activités de ce ministère se développent peu à peu et on a procédé à plusieurs nominations. Cependant, on n'a construit aucune installation centrale. Il importe que l'on choisisse d'urgence un emplacement pour construire le laboratoire du ministère, et que l'on dresse un calendrier des travaux, ne serait-ce que pour donner de l'espoir et des motivations aux scientifiques dévoués qui sont concernés.

L'Université de la Colombie-Britannique a également ses soucis, qui ne concernent pas le personnel mais les locaux. L'Institut est toujours logé dans une série de casernes datant de la guerre et qui ont été par la suite transformées. Le nombre des étudiants diplômés et des boursiers postdoctoraux se trouve toujours limité par

le manque de locaux. Un personnel très compétent doit travailler dans des sous-sols très exigus et mal équipés. Très prochainement, l'Institut doit bénéficier de locaux supplémentaires dans un nouveau bâtiment situé dans l'enceinte de l'université. Mais cette mesure sera très insuffisante et pourra même être néfaste, car elle obligera à déplacer certaines des personnes employées par l'Institut. Cet éloignement diminuera la collaboration étroite entre les groupes aux spécialités variées, élément si important de l'efficacité de l'Institut.

Le problème a une origine évidente. En vertu de la constitution, les provinces, au Canada, doivent se charger de l'enseignement. Cependant, il est facile de voir pourquoi le gouvernement de la Colombie-Britannique s'est désintéressé de l'Institut d'océanographie. Les étudiants proviennent de toutes les parties du Canada. L'établissement a d'abord été créé sur l'initiative du gouvernement fédéral. Les diplômés ont été surtout employés hors de la Colombie-Britannique, et ceux qui sont restés dans la province œuvrent, pour la plupart, dans des laboratoires fédéraux.

Mais cette situation évolue rapidement. Au cours des cinq dernières années, un certain nombre d'industries maritimes se sont implantées en Colombie-Britannique et elles doivent employer un nombre croissant de spécialistes très qualifiés. Ainsi, le gouvernement provincial témoigne un intérêt de plus en plus grand à l'océanologie et au génie océanique, et il devra adopter une attitude plus compréhensive.

Des difficultés semblables ont été surmontées dans les provinces de l'Atlantique, car ces régions bénéficient du programme d'expansion régionale et peuvent recevoir une aide spéciale du gouvernement fédéral. C'est de cette façon que l'Université Dalhousie et l'Université Memorial ont pu améliorer leurs installations.

Les cas examinés ci-dessus montrent que le gouvernement provincial n'avait pas spécialement intérêt à aider les Instituts, mais que par contre l'État fédéral devrait s'y intéresser en permanence, et qu'il devrait être assez avisé pour

fournir une aide financière à l'Institut d'océanographie de l'Université de la Colombie-Britannique.

La situation actuelle sur la côte Ouest pose d'autres problèmes pour la création d'un grand centre sur le modèle de celui d'Halifax-Dartmouth. Il y a dans cette région une tradition de collaboration aisée, mais elle est due à l'état d'esprit des scientifiques, qui leur a permis de surmonter les inconvénients de l'éloignement. Quoi qu'il en soit, c'est là un fondement fragile; de fortes raisons militent en faveur de la concentration délibérée des activités scientifiques et de leur gestion dans un seul des deux endroits en cause. Pour effectuer le choix, il faut considérer que le Centre aura besoin d'une forte participation universitaire. L'Université de la Colombie-Britannique est très qualifiée pour ce rôle, non seulement parce que son institut d'océanographie est déjà un des meilleurs centres de formation en océanographie physique au monde, mais aussi en raison des orientations et de la valeur de son département de zoologie, de son institut des pêches et de sa faculté de technologie, qui peuvent avoir une influence très favorable. Ces facteurs favorisent la zone de Vancouver. En outre, le Conseil de recherches de la Colombie-Britannique y a déjà son laboratoire et chose encore plus importante, Vancouver est certainement un centre d'essor de la grande industrie.

On a avancé certains arguments en faveur d'autres emplacements. Par exemple, on a souligné que Vancouver n'offrirait pas d'espace pour les installations terrestres des navires océanographiques. Il est avantageux que les navires, et surtout le lourd équipement portuaire, se trouvent près du centre scientifique qu'ils servent. Cependant, si l'on excepte le centre d'Halifax-Dartmouth et l'Institut océanographique Woods Hole, au Massachusetts, aucun autre centre océanographique au monde ne possède cet atout. Il ne semble pas que la distance qui sépare les scientifiques de leurs navires ait une influence néfaste sur les activités des Instituts d'océanologie et d'haliéutique

de Moscou, de l'Institut national d'océanographie de Wormley, en Angleterre, et de l'Institut Scripps d'océanographie de La Jolla, en Californie. À notre avis, l'obstacle de la dissémination des scientifiques et des technologues est plus important que les problèmes de logistique posés par l'éloignement du lieu d'attache des navires. De nombreux exemples indiquent qu'un petit groupe de scientifiques et d'ingénieurs est frappé de stérilité intellectuelle s'il est séparé d'une collectivité active de leurs pairs. Nous estimons qu'aucun inconvénient possible résultant de cet emplacement, près de l'Université de la Colombie-Britannique à Vancouver, ne contrebalance le dynamisme certain de la communauté scientifique et technologique qui sera établie à cet endroit.

Cependant, nous devons admettre qu'il n'y a pas de solution idéale en vue. L'Institut universitaire devra rester à Vancouver pour les raisons énoncées. Par ailleurs, la base de la région maritime se trouve à Esquimalt, et il y a de bonnes raisons pour y maintenir le DREP, en contact étroit avec son client. Le nouveau laboratoire du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources doit être installé à l'un des deux endroits et le POG doit le rejoindre. Nous proposons que cela se fasse à Vancouver. Au moins un groupe sera donc séparé. Nous estimons qu'il faudrait doter ce centre de la côte Ouest d'un grand hélicoptère, qui serait utilisé à temps complet. L'appareil pourrait servir à la recherche (des groupes de chercheurs de cette région se sont déjà servis d'hélicoptères avec profit). L'engin pourrait aussi servir aux transports entre Vancouver et Victoria et réduire des deux tiers la durée du voyage. Il y a des précédents. Les scientifiques de l'Institut de technologie de Boston, au Massachusetts, se servent largement d'hélicoptères pour leurs liaisons avec Woods Hole, bien que les deux centres soient reliés par une route très rapide.

Les problèmes que soulève l'organisation des études et l'essor des travaux océanographiques, terrestres et atmos-

phériques dans l'Arctique sont plus nombreux que ceux qui se posent localement sur la côte Ouest. Il est évident que nous devons accorder la priorité à l'Arctique et développer rapidement cette zone. À présent, beaucoup de chercheurs sont familiarisés avec les problèmes de la glace de mer et l'on a l'expérience du Grand nord au Centre de recherches pour la défense dans le Pacifique, à Victoria, au Centre de recherches pour la défense, à Ottawa, au Centre de recherches sur l'Arctique du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, à Victoria, à l'Université McGill et à l'Institut Bedford. Notons, en outre, que le programme d'étude de la plate-forme continentale polaire est dirigé du ministère de l'EMR à Ottawa. Il y a de nombreux spécialistes des problèmes de logistique dans l'Arctique, dans les bases militaires situées à Comox (C.-B.), près d'Edmonton et dans les provinces maritimes. Par ailleurs, les services du ministère des Transports, dans les provinces maritimes, ont l'expérience des relevés météorologiques et de l'état des glaces de l'Arctique. Les sociétés pétrolières ont rapidement formé leurs spécialistes de l'aide logistique aérienne aux opérations dans l'Arctique à partir d'Edmonton. L'État et l'industrie ont déjà dirigé les opérations des brise-glace et des autres navires dans les mers de l'Arctique à partir de la côte Est.

Il semble indiqué de diviser en deux régions l'Arctique canadien pour y effectuer des recherches. L'Arctique occidental, qui comprend la mer de Beaufort, est bloqué par les glaces pendant la majeure partie de l'année: on doit y étudier attentivement les modes d'opération sur la glace et dans l'air. Mais, au vu de la carte, on constate que l'Arctique oriental, y compris la baie d'Hudson, est plus praticable et se prête davantage aux activités maritimes. Les deux régions diffèrent par d'autres aspects. C'est l'Arctique occidental qui, avec ses sédiments très épais, offre les meilleures perspectives pour le pétrole et le gaz. Un important facteur des activités futures

dans l'Arctique oriental sera certainement le transport par minéraliers des minerais réunis dans certaines îles.

Il semble donc que nous devrions établir deux centres, au moins au début, pour la réalisation des programmes de R & D océanographique, et peut-être d'autres disciplines, dans l'Arctique. Les études portant sur l'Arctique occidental pourraient dépendre de l'Institut océanographique projeté sur la côte Ouest. Toutefois, le soutien logistique devrait avoir Edmonton pour base, et l'Université de l'Alberta pourrait apporter une contribution spéciale. De façon analogue, les études sur l'Arctique oriental pourraient, comme le propose la Commission Glassco, être menées depuis l'Institut Bedford. Mais dans le dernier cas, il faudrait s'assurer que l'on tire pleinement parti des talents et de l'expérience réunis au Centre des sciences de la mer de l'Université McGill et à l'Institut nord-américain de l'Arctique, à Montréal. L'Université Laval effectue aussi des travaux importants sur la glace et les conditions de l'Arctique en général; les Canadiens français peuvent fournir, sous ce rapport, une participation importante. Il faudra aussi s'assurer que le programme de l'Arctique oriental soit coordonné avec le grand projet du golfe du Saint-Laurent qui pourrait servir partiellement de premier modèle expérimental.

Finalement, nous réitérons l'opinion que nous avons exposée lors de notre étude sur les relations entre les centres océanographiques canadiens et les divers autres centres universitaires, projetés ou fondés à des fins de recherches océaniques, et surtout de biologie marine. Comme nous l'avons déjà indiqué, nous estimons que toute recherche océanique nécessitant des bateaux plus grands que les chaloupes, devrait être menée dans les grands centres océanographiques d'Halifax-Dartmouth et Vancouver. L'aide à fournir aux projets océanographiques des universités, ou aux deux groupes universitaires qui se proposent de créer des installations à St. Andrews (N.-B.), et à Bamfield (C.-B.), devra se fonder sur la

qualité de l'enseignement qu'ils pourraient donner en biologie et étude du milieu. Nous sommes convaincus de la nécessité des installations de St. Andrews et de Bamfield, qui serviront à la formation des étudiants. L'existence de ces centres universitaires privés pourrait apporter quelques avantages supplémentaires. Les professeurs et les étudiants se livreront aussi à des travaux de recherche. Certains d'entre eux pourraient servir à la protection du milieu naturel. Toutefois, nous estimons que les fonds nécessaires à ces recherches devront être accordés; par le CNRC, sous la forme de subventions fondées sur les mérites scientifiques du projet, ou par les ministères, sous la forme de subventions, de paiement de contrats ou d'aide en nature pour les recherches répondant à leurs objectifs.

Relations avec les conseils de recherches dans les provinces

Sept des dix gouvernements provinciaux du Canada ont créé des conseils ou des fondations de recherches sans but lucratif et visant à encourager la recherche dans les domaines d'importance économique pour les provinces. Deux de ces organismes, la Fondation de recherches de la Nouvelle-Écosse et le Conseil de recherches de la Colombie-Britannique, ont, comme on pouvait s'y attendre, conçu des programmes océaniques. En Nouvelle-Écosse, le programme comprend des études sur la productivité des algues marines, sur la géophysique des fonds marins, et sur le rendement des activités halieutiques. En Colombie-Britannique, on s'est attaqué à l'action des tarets sur les billes et les pilotis, à l'étude de la houle et au domaine général de l'informatique.

Généralement ces programmes de recherches ont été entrepris pour combler une lacune dans la connaissance d'un problème d'importance locale. La qualité scientifique des travaux a souvent été élevée et les connaissances mises au jour peuvent être appliquées à d'autres régions du Canada. Le programme de la Colombie-Britannique concernant les tarets en est

un bon exemple. Récemment, le Conseil de recherches de la Colombie-Britannique s'est vu accorder des contrats pour évaluer la rapidité de leur propagation sur le littoral atlantique du Canada.

Outre leurs aptitudes à effectuer de bonnes recherches pouvant trouver de vastes applications, les conseils des provinces possèdent d'autres caractéristiques intéressantes. En particulier, ils ne se sont pas seulement appliqués à résoudre les problèmes de l'industrie locale, mais ils ont maintenu le contact avec le secteur privé. Presque tous emploient des agents d'information technique, dont le rôle est de se familiariser avec les problèmes de l'industrie et de lui transmettre des renseignements au cours de nombreuses visites. Ils tentent également de prévoir les problèmes que l'industrie n'a pas prévus ou qu'elle ne peut résoudre, car leurs ressources financières découlent en partie des contrats passés avec les entreprises privées et d'autres organismes de l'État, pour l'exécution de programmes spéciaux. Ils ont une connaissance des conditions et des possibilités locales qui n'est possédée que par très peu d'organismes, si l'on excepte le savoir acquis sur les problèmes ruraux par les représentants locaux du ministère de l'Agriculture.

Dans tout notre rapport, nous avons souligné la nécessité de favoriser la diffusion des connaissances scientifiques et technologiques des laboratoires vers le secteur privé. Les conseils des provinces se sont mis déjà sérieusement à cette tâche. Compte tenu du développement des activités océaniques, il importe que tout le pays tire pleinement profit de leur expérience. Par exemple, il serait très avantageux que les conseils de recherches des provinces se chargent entièrement de certaines études techniques sur les capteurs et les instruments de mesure océaniques, lorsqu'ils ont acquis la compétence nécessaire, et qu'ils connaissent bien les moyens financiers et techniques que peut employer l'industrie locale pour assurer fabrication et vente. Dans le domaine de l'océanologie, en expansion rapide, ces

organismes sont aussi mieux placés que la petite industrie pour pressentir les futures tendances scientifiques et problèmes technologiques qui exigeront la modification ou le perfectionnement des instruments actuels. Les conseils joueront certainement un rôle de plus en plus important dans l'élaboration des méthodes de pisciculture, notamment de celles employées dans les stations piscicoles.

Les conseils de recherches provinciaux ont à jouer un rôle propre par l'exécution de programmes de R & D comparables, par l'ampleur et la durée, à ceux de la plupart des firmes locales. Ainsi, ils complètent plutôt qu'ils ne remplacent l'action des laboratoires plus importants de l'État, à l'échelle nationale, ou celle des laboratoires de l'industrie, qui s'occupent de l'utilisation commerciale des connaissances scientifiques et technologiques. La Société canadienne pour l'exploitation de l'océan pourrait utiliser pleinement les possibilités et l'expérience des conseils de recherches provinciaux.

Cependant, on nous a signalé un problème aux conséquences sérieuses, que les dirigeants des Conseils de recherches devraient garder à l'esprit. Un des critères de la réussite des conseils est le nombre de contrats qu'ils obtiennent. Son accroissement indique que les clients sont satisfaits. Or, pour certains services à l'industrie, les conseils peuvent se trouver en concurrence avec les firmes privées. Comme les organismes officiels n'exercent pas, par définition, en vue d'un profit, ceux qui ont à payer les services rendus les préféreront aux cabinets d'experts-conseils.

Le développement d'une activité industrielle entraîne celui des services connexes. Souvent, l'action judicieuse des organismes de R & D officiels peut favoriser la création de cabinets privés de consultation ou d'autres firmes procurant des services. Le directeur d'un laboratoire de recherches doit réviser continuellement ses activités en gardant à l'esprit cette possibilité. Pour l'aider dans cette tâche, il faudra mettre au point les mécanismes administratifs spéciaux dont nous avons traité précédemment.

Le Canada français et l'océanologie

Il ne semble pas que l'on ait étudié de façon approfondie l'incidence du bilinguisme sur la marche des organismes scientifiques du gouvernement fédéral. On n'est pas tombé d'accord sur une politique générale; c'est pourquoi il nous faut examiner séparément le cas de l'océanologie.

Actuellement, l'anglais est le moyen d'expression internationale des cercles scientifiques et il le demeurera probablement pendant quelque temps. Presque toutes les conférences internationales, où qu'elles aient lieu, sont tenues en anglais (sauf certaines conférences officielles qui disposent de services de traduction). On peut se procurer la plupart de la documentation scientifique en anglais, et, souvent en anglais seulement. Au Canada, les sciences de la mer se sont développées dans le Canada anglophone; les besoins de la centralisation et de la coordination des efforts, et le faible nombre d'instituts d'océanologie, favorisent l'utilisation de l'anglais en ce domaine. Quelle place occupe alors le Canadien francophone? Il peut aller travailler dans l'un des instituts anglophones qui existent actuellement et on doit l'y encourager. On devrait lui fournir des secrétaires francophones ou bilingues, pour qu'il puisse rédiger ses articles en français. Le bilinguisme doit être suffisamment poussé pour qu'il puisse utiliser le français dans les contacts qu'il aura à l'intérieur de l'institut. Cependant, le milieu sera essentiellement anglophone. À la pause-café, on parlera anglais. L'anglais sera la langue de la plupart des gens que lui et sa famille rencontreront quotidiennement.

Cependant, ce n'est pas parce qu'un scientifique francophone doit, pour des raisons professionnelles, avoir la maîtrise de l'anglais, qu'il doit adopter le mode de vie anglais. Il faut que le scientifique canadien-français puisse travailler en français et vivre dans le cadre de sa culture, si tel est son choix. Certainement, il le fera le plus souvent, si on lui en laisse

la possibilité.

Comme l'océanologie et le génie océanique ont des points de rencontre avec les disciplines classiques, et qu'il est nécessaire d'effectuer un immense travail sur le milieu océanique, on devrait pouvoir établir une large collaboration en ce domaine. Le Canada français pourrait ainsi participer à une activité qui aura des répercussions scientifiques et économiques de plus en plus vastes à l'avenir. Actuellement, on essaye de développer fortement les sciences et la technologie au Canada français. Si ces efforts visaient les choses de la mer, un débouché s'ouvrirait aux scientifiques et aux ingénieurs canadiens-français, ce qui contribuerait au développement des sciences dans le Canada français; le reste du Canada ne pourrait qu'y gagner. Par ailleurs, l'étude approfondie du golfe du Saint-Laurent, telle que nous la proposons, présente un intérêt évident pour les Canadiens-français des provinces maritimes et du Québec. Les laboratoires de la province de Québec, dont ceux des universités francophones et notamment celui du Centre de recherches sur l'eau à l'Université Laval, doivent participer à ce programme.

À présent nous sommes prisonniers d'un cercle vicieux. Il ne serait pas raisonnable de construire actuellement un grand laboratoire océanographique au Canada français et de le doter en personnel. Il n'est pas possible de disposer d'effectifs très qualifiés sans dégarnir les universités de façon désastreuse. Par ailleurs, comme ce genre de laboratoire n'existe pas, les étudiants francophones ne s'intéressent pas à une carrière en océanologie.

Nous posons le problème, mais nous reconnaissons que nous n'en connaissons pas suffisamment toutes les données pour proposer une solution. Nous nous contentons de le signaler.

La conduite des grands programmes

Nous avons demandé la création de quatre grands programmes d'océanologie et de génie océanique. Nous en avons décrit deux

au chapitre II :

1. élaboration des techniques de forage à partir du fond de la mer pour l'extraction du gaz et du pétrole;

2. élaboration des techniques de géophysique sous la nappe de glace, Deux autres programmes sont décrits au chapitre V :

3. régularisation de la formation de la couverture de glace hivernale dans le golfe du Saint-Laurent;

4. étude des divers usages du détroit de Géorgie et maintien de la qualité du milieu ambiant.

À notre avis, ces projets constitueraient un point de rencontre des efforts pour appliquer la politique nationale dans le domaine de l'océanologie et du génie océanique au cours des années 1970. Les deux premiers programmes visent surtout à créer une capacité technologique au sein de l'industrie secondaire canadienne, qui pourrait la monnayer. L'exploitation du pétrole sous-marin apparaît comme particulièrement intéressante, car cette activité est l'une de celles qui progressent le plus rapidement dans le monde, et cette situation ne changera guère au cours des vingt prochaines années au moins¹. Par ailleurs, on pourra encore réaliser de nombreux progrès technologiques dans cette industrie.

Le troisième programme met à l'épreuve nos possibilités d'aménager le milieu sur une grande échelle. La région choisie a déjà subi des modifications sensibles, et il semble qu'elle soit à l'orée d'un changement climatique. Nous avons besoin d'obtenir des données sur ce sujet, mais la raison de notre choix est plus profonde. Le Canada a grand intérêt à l'aménagement du milieu naturel, car ce dernier a une importance primordiale pour notre pays. Or, les modifications qui l'affectent ont principalement leur origine hors des frontières. Il est donc

¹Voir, par exemple, «Resources and Man», une étude accompagnée de recommandations, réalisée par le Comité d'étude des ressources de l'homme, qui relève de l'Académie nationale des sciences et du Conseil national de recherches. Freeman & Co., San-Francisco, 1969.

nécessaire de concevoir une législation nationale et de conclure des accords internationaux pour utiliser judicieusement ce «res communis» immense. Le Canada aurait une position très forte dans les négociations s'il acquérait la compétence nécessaire.

Le quatrième programme possède certains traits communs avec le troisième; il met plus directement à l'épreuve nos connaissances, nos possibilités et notre volonté d'agir pour notre bien. Il s'agit d'un problème national, mais il ressemble, sous de nombreux aspects, aux questions relatives à l'utilisation des ressources locales d'autres parties du monde.

La sélection de ces grands programmes n'exclue pas d'autres tâches importantes s'appuyant sur l'océanologie et le génie océanique. Il y a de nombreuses raisons d'exécuter des programmes, qui nécessiteront un accroissement de l'activité générale. Cependant les programmes cités ne sont pas indispensables à la réalisation d'une politique océanique. Mais en les intégrant dans un ensemble général, il est possible de voir plus clairement comment les universités, l'État et le secteur privé peuvent apporter leur contribution, et notamment, comment accroître la participation ne relevant pas du secteur public. Le prochain chapitre exposera cela plus en détail; nous pouvons déjà dire que, vers 1975, les programmes choisis absorberont le tiers de tous les crédits de R & D océanique.

Il se peut que la conduite détaillée de ces grands programmes ne soit pas simple, mais certains moyens appropriés assureraient leur démarrage. Cela s'applique particulièrement aux deux premiers programmes, où prédominent les questions technologiques. Il faudra obtenir des données sur la dérive et les caractéristiques des glaces, et à cette fin établir une liaison étroite avec la recherche. Mais la nature de ces projets exige qu'ils soient menés sous la direction de la Société canadienne pour l'exploitation de l'océan. La coordination avec les programmes de recherche devrait se faire par l'intermédiaire du cco, et elle implique une planification

conjointe effectuée avec le ministère des Transports, celui de l'Énergie, des Mines et des Ressources et les universités.

Les troisième et quatrième projets sont beaucoup plus complexes, car ils ont des liens directs avec de nombreux aspects de la politique de l'État et ils requièrent des moyens d'action considérables. Il faudra coordonner les travaux de recherche actuels, dont beaucoup de traits intéressent ces programmes. L'étude des méthodes à employer, montre que ces *problèmes ont une double face*. Il faut, d'une part, que le public participe à l'évaluation des diverses voies d'action, et, de l'autre qu'on coordonne soigneusement les activités de recherche afin d'établir un programme bien équilibré sur lequel on puisse fonder des décisions. Ces deux actions sont différentes, bien qu'interdépendantes; il faudra les mener à bien séparément et simultanément, grâce à des échanges d'informations. Il est évident que la première action relève d'un organisme ayant un rôle social, mais pas d'activité à caractère scientifique. Nous estimons qu'il faut encourager systématiquement la discussion de ces grands programmes parmi les universités, le secteur fédéral et celui des provinces. Pour de nombreux motifs, il semblerait judicieux que cette tâche soit entreprise par le secrétariat d'État du Canada ou même le ministère de l'Expansion économique régionale. Le ministère de la Politique scientifique envisagé serait encore mieux indiqué.

La réalisation de ces programmes exigera l'attention et le soutien des principaux ministères d'exécution. Le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, ou peut-être le futur ministère des Ressources renouvelables, pourrait s'occuper des questions purement océaniques. Le programme du golfe du Saint-Laurent étant principalement d'ordre physique, c'est le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources qui pourrait le diriger. Le programme de la côte Ouest est davantage fondé sur les ressources vivantes et les besoins de loisirs. L'actuel ministère des Pêches et des Forêts a déjà une grande expérience de ces questions et

pourrait s'en charger. Le choix de ces ministères nous semble particulièrement indiqué en raison de la collaboration passée qui s'est établie entre eux, et parce qu'ils ont déjà mis sur pied ou qu'ils créent actuellement des laboratoires et des installations de caractère régional qui leur permettraient d'agir.

À notre avis, les ministères nommés devraient être chargés de mettre sur pied des comités de direction pour la bonne conduite de ces programmes. Ces comités solliciteraient des mémoires des organismes intéressés, notamment des universités, pour les questions scientifiques et sociologiques, et du secteur privé pour ce qui touche les cabinets d'experts et les avant-projets. Il reviendrait aux laboratoires des ministères de récapituler l'état actuel de nos connaissances et de déterminer les lacunes. Tous les groupes pourraient être représentés au sein de séminaires, et soumettre des propositions et des évaluations concernant le financement. Au cours des deux premières années, on devrait récapituler l'état actuel de nos connaissances et nos capacités de réaliser ces grands programmes de recherches. Cependant, après cette période d'étude, l'exécution proprement dite des programmes devrait durer de cinq à sept ans, à moins que l'étude préliminaire ne montre que les programmes proposés sont mal fondés et qu'on ne peut espérer des résultats probants sans faire des dépenses déraisonnables.

Même cette conclusion aurait une immense portée pour l'élaboration de notre future politique!

Chapitre VII

Prospectives

Au moment de prévoir l'importance des activités océanologiques et de génie océanique au cours de la prochaine décennie, nous nous heurtons à un problème évité au cours des chapitres précédents. À savoir, quelles frontières doit-on fixer aux sciences et à la technologie de la mer? Notre problème se situe dans un cadre réel. Quand un navire va de Montréal en Europe, à quel moment quitte-t-il le fleuve pour pénétrer dans l'océan? Le spécialiste des changements climatiques, dont on parle tant dans ce rapport, travaille-t-il dans le domaine océanologique? Le génie océanique englobe-t-il la conception d'un réseau de bouées destiné à mesurer la houle dans le golfe du Saint-Laurent et dans les Grands Lacs? Si tel est le cas, que dire d'un réseau conçu uniquement pour les lacs?

Comme nous l'avons souligné à plusieurs reprises, l'océanologie constitue une branche de l'ensemble plus vaste des sciences du milieu. Le milieu océanique est influencé par les autres milieux naturels, aussi les sciences de la mer ont-elles des relations avec toutes les autres sciences du milieu.

Il est clair que toutes les limites que nous tracerons seront artificielles. Notre choix sera arbitraire. En ce qui concerne les ministères, nous pouvons nous en tenir aux limites artificielles qui ont été fixées par le gouvernement lui-même. Nous considérons surtout le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources et celui des Pêches et des Forêts qui effectuent la plupart des activités de recherche du secteur fédéral. Dans le domaine technologique, nous tentons d'évaluer l'action de la Société canadienne pour l'exploitation de l'océan, dont nous recommandons la formation. Nous ne pouvons rien dire d'important au sujet de l'élément le plus considérable du génie océanique: la construction navale. En ce domaine, les conclusions du comité des transports par eau de la Commission canadienne des transports, ainsi que l'action du gouvernement fédéral à la suite de ces conclusions, auront beaucoup plus d'importance que notre étude.

Notre situation est encore plus difficile dans le cas des universités. Par exemple, les océanographes et les limnologues physiiciens reçoivent une formation presque identique. Cependant, nous devons évaluer séparément nos besoins pour ces deux genres de spécialistes. Il faut que les administrateurs universitaires disposent d'une bonne évaluation des offres d'emploi pour ces diplômés aux différents niveaux.

En tant que scientifiques, peut-être devrions-nous lever les bras au ciel, dire que nous n'en savons pas assez, et proposer d'approfondir les études. Cependant, il nous faut suivre les principes que nous avons proposés à autrui dans le présent rapport. Nos renseignements sont incomplets, mais nous devons les utiliser pour nos calculs.

La courbe de croissance

La croissance des organismes vivants ou administratifs suit apparemment une courbe très caractéristique. En gros, elle est exponentielle au début, puis elle tend vers une asymptote. Finalement, l'organisme perd de son importance, décline ou disparaît soudain. Très souvent, il s'écoule une longue période d'approche du point de saturation. On la désigne sous le nom de «maturité». La courbe qui représente la croissance de l'être humain est un bon exemple. Si la courbe est tracée selon des coordonnées linéaires, elle a la forme d'un sigma: il s'agit d'une sigmoïde. Si elle est tracée selon une ordonnée logarithmique, l'abscisse restant linéaire, la partie inférieure de la courbe est une droite.

Les figures n° VII.1 et VII.2 présentent une courbe semi-logarithmique de croissance qui, selon nous, montre la situation actuelle des principaux domaines de l'océanologie et de ses applications. Aucun des domaines considérés ne se trouve sur le déclin (cependant, il en existe, telles la construction des navires à coque en bois et les entreprises familiales de pêche commerciale). Nous prenons comme hypothèse que la pente de l'asymptote n'est pas nulle, mais égale au taux de

croissance de la population adulte, soit environ 2.5 p. 100 par an¹.

La période de référence est d'environ dix ans. Au cours de cette durée, la population adulte doit normalement augmenter de 25 à 30 p. 100, suivant l'immigration et l'émigration. Dans la zone de «maturité», près du sommet de la courbe, on ne peut guère noter une croissance beaucoup plus rapide: peut-être environ 4 p. 100 par an, comme le suggère Jackson et ses collaborateurs². Ainsi on peut escompter une croissance de l'ordre de 50 p. 100 au cours de la décennie. Par ailleurs, si une discipline apparaît sur la courbe au niveau 0.1, sa croissance sera dix fois plus importante au cours de la décennie, soit plus de 25 p. 100 par an. Nous reconnaissons que le facteur temps ne doit pas être le même pour toutes les activités; aussi les abcisses devraient-elles être graduées différemment. D'autre part, la période de démarrage peut différer. Ainsi, cette courbe, qui déjà est subjective, est très imprécise. Cependant, elle résume utilement notre opinion au sujet

¹Ce taux de croissance devrait être celui de la prochaine décennie si l'émigration et l'immigration restent à peu près les mêmes. L'ensemble de la population augmentera plus lentement, en raison de la baisse spectaculaire du taux de natalité enregistré au cours de la dernière décennie.

²Jackson, R.W., D.W. Henderson et B. Leung. Études de base relatives à la politique scientifique. Étude spéciale n° 6 du Conseil des sciences (1969).

de la situation des différentes branches des sciences et des applications océaniques au Canada. On ne devra pas tenir pour immuable l'ordre des disciplines.

Prévisions concernant les services de l'État

Au tableau n° VII.1, nous avons indiqué la répartition des spécialistes en océanologie au service de certains ministères. La rubrique «Divers» englobe le personnel du CNRC, du ministère des Transports et du Musée national.

Sous la rubrique «Physique», nous avons regroupé tous ceux qui sont censés avoir un B. ès sc. dans cette discipline. Nous y incluons les océanographes physiiciens, les acousticiens, les spécialistes de l'interaction atmosphère-océan et les hydrodynamiciens océaniques. Nous avons dû ajouter les ingénieurs à ce groupe, car il est difficile de les classer sous une rubrique à part. De nombreuses personnes ayant une formation de physiciens travaillent, à temps complet, à des tâches ayant un caractère technologique, et de nombreux ingénieurs diplômés font un travail de physicien. Nous avons aussi inclus dans ce groupe quelques géophysiciens, qui font des travaux d'ingénieur.

La catégorie «océanographie biologique et pêche» pourrait être appelée de façon plus appropriée «écologie océanique». Ses

Tableau n° VII.1—Évaluations des effectifs de spécialistes qui ont mené des activités océanologiques et de génie océanique au service de l'État en 1968-1969

Discipline	Organisme				
	EMR	ORP	CRD	Divers	Total
Physique et technologie	82	12	77	11	182
Océanographie biologique et pêche		112		6	118
Biologie océanique classique		2		1	3
Océanographie chimique et géochimique	10				10
Géologie et géophysique	35				35
Hydrographie	15				15
	+115				+115
Total	142	126	77	18	363
	+115				+115

Remarques: La rubrique «Divers» englobe le ministère des Transports, le CNRC et le Musée national.

Ce calcul ne tient pas compte de 127 ingénieurs employés par le Ministère des Travaux publics, qui se livrent à des travaux de génie côtier, ni des 237 spécialistes de la construction navale.

Les hydrographes comprennent un groupe de spécialistes et un nombre plus important de personnes très compétentes généralement dépourvues de formation universitaire.

Figure n° VII.1—Courbe de croissance symbolique des positions relatives actuelles des principales branches des sciences de la mer

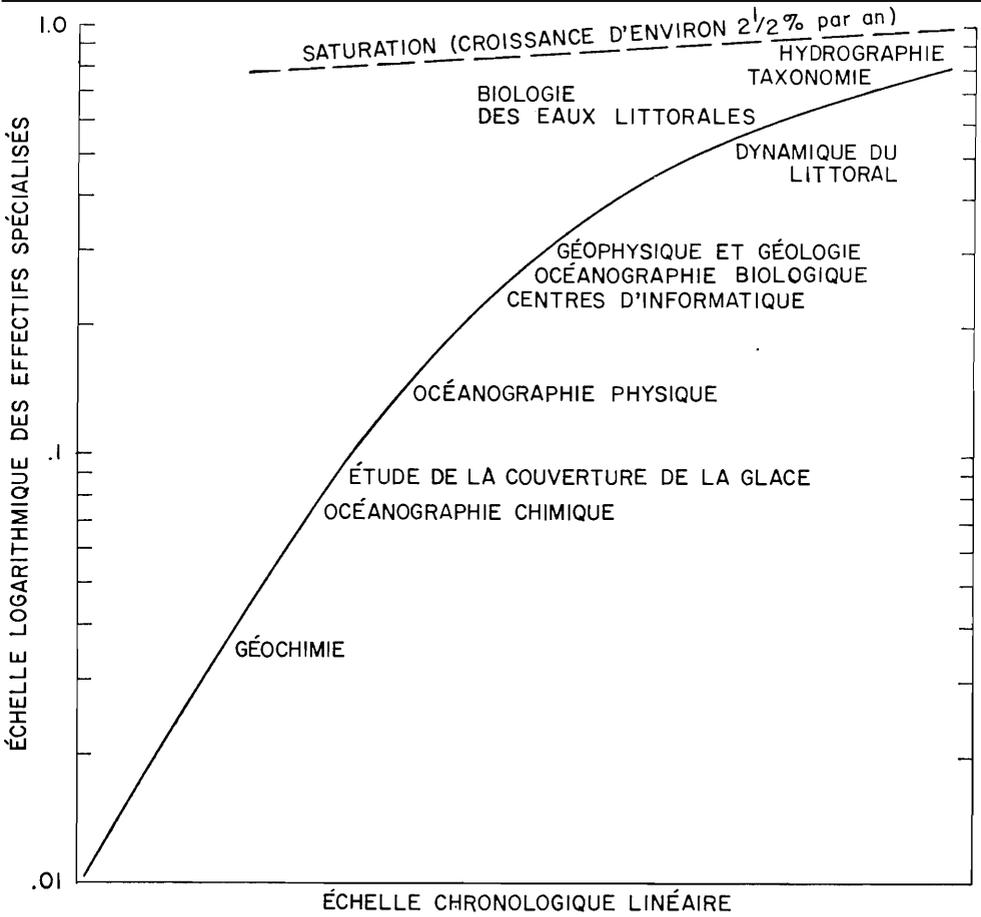
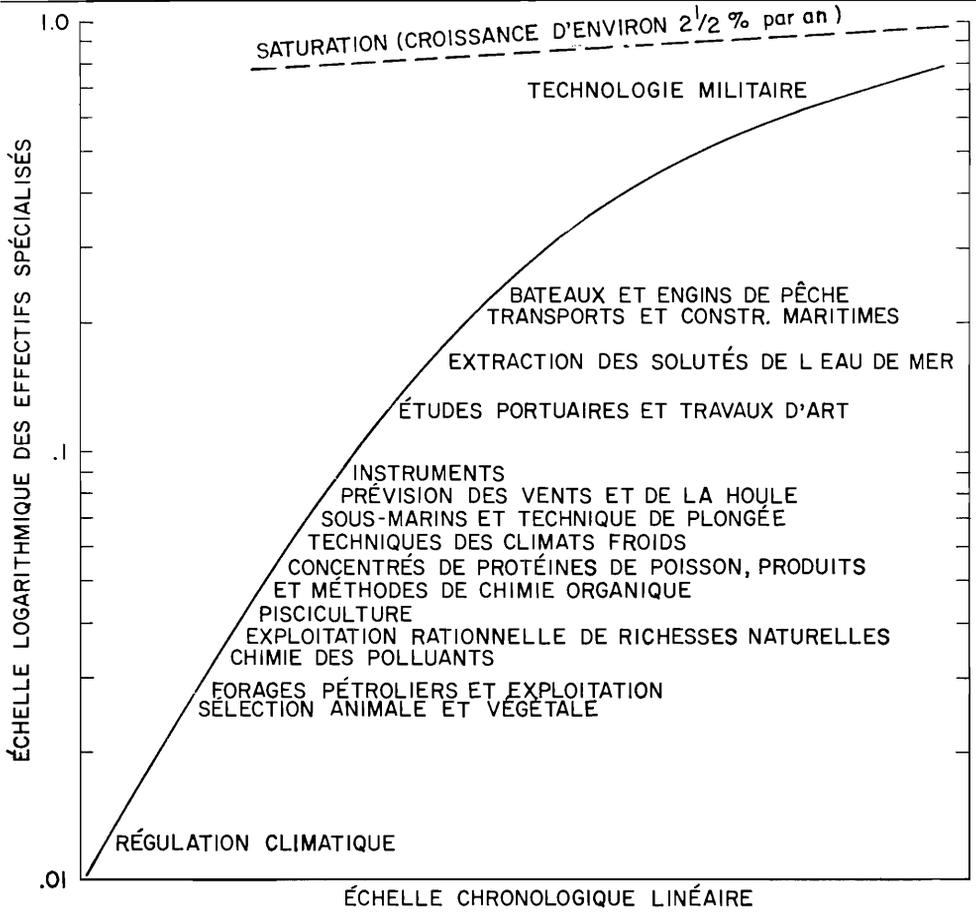


Figure n° VII.2—Courbe de croissance symbolique indiquant les positions relatives actuelles des diverses activités marines



spécialistes ont une formation technique très poussée et s'intéressent aux aspects quantitatifs de la biologie; s'ils ne possèdent pas toujours un B. ès sc. dans cette discipline, ils ont souvent une bonne formation en chimie, en mathématiques, et, à un moindre degré, en physique. Ce sont eux qui ont charge de l'exploitation rationnelle des populations de poissons, et des problèmes de pollution. Les biologistes océaniciens de formation classique, comme nous disons ici, sont les scientifiques de formation plus traditionnelle dans des domaines tels que le cycle biologique, la taxonomie et l'histoire naturelle.

La démarcation entre la géologie et la géophysique n'est pas nette, et, à notre avis, il n'y a pas lieu de les séparer. Nous appliquons le même principe en ce qui concerne la chimie et la géochimie.

En hydrographie, nous trouvons des spécialistes que l'on pourrait peut-être ranger dans la catégorie des physiciens, et, en outre, un nombre plus important de personnes très compétentes mais n'ayant pas de formation universitaire poussée.

Le tableau n° VII.2 indique nos prévisions pour 1980; nous nous fondons en gros sur la courbe de croissance de la figure n° VII.1 et sur les besoins que nous avons mis au jour et exposés dans ce rapport.

Si l'on excepte le cas de la Société canadienne pour l'exploitation de l'océan, l'augmentation globale des effectifs que nous proposons se situera entre 2.25 et 7.5 p. 100 au cours de la période de 11 ans. La *croissance* devrait se faire de façon égale sur les côtes Est et Ouest, de sorte que les activités de la côte atlantique restent plus nombreuses que sur la côte pacifique, mais que l'écart soit moins grand. Quant à la répartition de cet effort entre les grandes régions géographiques, il pourrait selon nous se diviser comme suit, 50% pour l'Atlantique (y compris le golfe du Saint-Laurent), 25% pour le Pacifique (y compris le détroit de Géorgie) et 25% pour l'Arctique (y compris la baie d'Hudson).

Répercussions financières

Au tableau n° VII.3, nous avons représenté les répercussions financières de la croissance des activités que nous prévoyons. Une fois de plus, nous avons pris en considération les besoins du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, du ministère des Pêches et des Forêts et de la Société canadienne pour l'exploitation de l'océan. Nous avons arrondi l'indice de croissance à l'unité ou à la demie la plus proche. Nous avons ajouté 20 p. 100 aux montants concernant les organismes de recherche pour tenir compte de l'augmentation du budget d'équipement que nous préconisons au chapitre III.

Nous soulignons que ces crédits ne seront pas tous affectés à des travaux internes. Une grande partie financerait des contrats à l'extérieur. Au chapitre VI, nous recommandons d'investir chaque année 45 millions de dollars au cours des cinq premières années, puis d'examiner à nouveau la question du financement. Dans la prospective de 1980, nous portons ce chiffre, de façon assez arbitraire, à 50 millions de dollars. En réalité, ces montants seront beaucoup plus élevés ou un peu moindres, selon le rendement de l'organisme que l'on considère comme un investissement consenti par la collectivité canadienne.

Tous ces chiffres sont calculés sans que l'on tienne compte d'aucun facteur de complexification et d'inflation. Jackson et son équipe¹ estiment que cet indice pourrait atteindre 6 p. 100. Si tel est le cas, les dépenses qui seront faites en océanologie et génie océanique devraient passer de 51.2 millions de dollars en 1969 à 300 millions de dollars en 1980: elles seraient ainsi multipliées par 5.85, ce qui correspond à un taux de croissance de 16 p. 100 par an. Si l'ensemble de l'effort canadien de R & D augmente au taux de 4 p. 100, en ce qui concerne les activités, et de 10 p. 100, pour les coûts, comme le pensent Jackson et son équipe¹ le total

¹Jackson et collaborateurs. *op. cit.*

Tableau n° VII.2—Prospective pour 1980 des effectifs des catégories énumérées au tableau n° VII.1

Discipline	SOCALO	EMR	ORP	CRD	Divers	Totaux	Taux d'accroissement annuel (1969-1980)
Physique & technologie	50	330	45	77	30	532	11% (× 3)
Océanographie biologique et pêche			200		10	210	5.5% (× 1.8)
Biologie océanique classique					10	10	
Océanographie chimique et géochimique		35	15			50	15% (× 5)
Géologie et géophysique		90				90	9% (2.6)
Hydrographie		35				35	
		+160				+160	4% (× 1.5)
Total	50	490	260	77	50	927	
		+160				+160	
Taux d'accroissement annuel (1969-1980)		9% (× 2.6)	7% (× 2.1)	0%		9% (× 2.3)	

SOCALO: Société canadienne pour l'exploitation de l'océan.

Pour les besoins de certains programmes, la SOCALO devra certainement employer des spécialistes autres que les physiciens et les ingénieurs, mais ce personnel ne modifie pas sensiblement les prévisions.

Tableau n° VII.3—Prospective de la croissance du financement public dans le domaine des sciences et de la technologie de la mer

Ministère	1969	indice de croissance ^{1 2}	1980
	millions de \$		
Énergie, Mines et Ressources (EMR):			
Plate-forme continentale polaire	2.1	2	4.2
Direction des sciences de la mer, à l'exception de l'Hydrographie	10.6	4	42.4
Hydrographie	10.4	1.5	15.6
Pêches et Forêts (Expansion de la ressource et expansion industrielle)	4.6	2	9.2
Office des recherches sur les pêcheries (Recherche sur la qualité des produits)	2.5	2	5
Offices des recherches sur les pêcheries (Recherche sur les ressources et l'aménagement)	10	2.5	25
Conseil de recherches pour la défense	11	1	11
	51.2		112.4
+ Société canadienne d'exploitation de l'océan			50
			162.4
Total tenant compte d'un facteur de complexification et d'inflation de 6%			300 millions de dollars

Remarque: Actuellement, les prévisions détaillées des dépenses du Conseil de recherches pour la Défense sont incertaines. Les chiffres mentionnés dans le tableau sont certainement minimaux, si l'on tient compte par exemple du renouveau d'intérêt des Forces armées pour l'Arctique.

¹Cet indice de croissance exclut les accroissements dus au facteur de complexification et d'inflation.

²Au cours d'une période de 11 ans, les indices de croissance suivants correspondent au taux annuel indiqué: 1.5 = 3.8% par an; 1.9 = 6% par an; 2 = 6.5% par an; 2.5 = 8.7% par an; 4 = 13% par an.

des coûts sera multiplié par 2.8 au cours de ces onze années. Ainsi la croissance que nous escomptons dans le domaine de l'océanologie et du génie océanique sera environ le double de celle de l'ensemble des activités de R & D au Canada. Nous estimons que cela représentera bien l'importance véritable de ces disciplines pour le pays.

Si l'on excepte la Société canadienne pour l'exploitation de l'océan, on note que le financement passe de 51.2 millions de dollars à 112.4 millions (sans tenir compte de l'indice de complexification et d'inflation). Le facteur de multiplication ainsi représenté (soit 2.2) est le même que celui des effectifs de spécialistes, malgré les 20% ajoutés pour tenir compte de l'augmentation du budget d'équipement. Cette disparité apparente résulte des frais élevés occasionnés par chaque océanographe séjournant à bord des navires.

Nous n'avons pas établi de budgets séparées pour les quatre grands programmes proposés dans notre rapport, car nous avons traité de deux d'entre eux, lors de notre étude du budget de la Société canadienne pour l'exploitation de l'océan, au chapitre VI.

En effet, nous estimons que de nombreux travaux seront effectués dans le golfe du Saint-Laurent et le détroit de Géorgie. Si les grands programmes sont exécutés, ils causeront un surcroît d'activités dans ces deux régions. Cependant ils ne pourront être réalisés sans l'encouragement préconisé. Leur principale fonction sera de constituer un point de rencontre pour les activités des chercheurs. Quand on aura décidé la construction d'ouvrages d'art, il faudra les financer séparément. Nous ne pouvons prévoir actuellement la nature de ces travaux, sans parler de leur coût.

Répercussions sur l'industrie

Nous avons exprimé l'opinion que l'industrie maritime ne se trouve qu'à la première phase d'une croissance rapide. Déjà, elle effectue des tâches variées et

possède des moyens considérables. Nous avons reçu des mémoires ou de longues lettres de plus de soixante-quinze firmes industrielles, et nous avons rencontré des représentants d'un certain nombre d'entre elles. Ces entreprises peuvent fournir une vaste gamme de produits et de services, dont il est difficile de donner une idée générale. Les produits fabriqués comprennent: des treuils spéciaux, des bouées, des câbles, des appareils pour la navigation et les télécommunications, des caissons de décompression, de l'équipement de plongée, des appareils remorqués, des appareils de détection acoustique et de petits sous-marins.

Il nous est impossible de faire des prévisions concernant les besoins qui se feront sentir pour un produit ou un service particulier, mais voici une vue d'ensemble:

Nous estimons que dans dix ans les investissements de l'industrie du pétrole sous-marin atteindront entre un et plusieurs milliards de dollars. Une grande partie de cette somme sera consacrée à l'acquisition de biens et de services. Si les autorités canadiennes agissent judicieusement et si l'industrie canadienne relève le défi, elle pourra fournir la plupart de ces biens et de ces services.

Quatre-vingt quinze pour cent des fonds consacrés par l'État à la Société canadienne pour l'exploitation de l'océan serviront à financer les contrats passés avec l'industrie. Comme le montre le tableau n° VI.1 cet organisme ne consacra que 5 p. 100 de ses crédits à son propre fonctionnement.

Quant aux autres organismes, ils pourraient peut-être consacrer le quart de leurs crédits au financement de contrats passés avec l'industrie. Ainsi, en tout, nous estimons que la moitié des 300 millions par an prévus pour l'année 1980 serait consacrée aux contrats octroyés à l'industrie. De plus, les universités accorderont des contrats au secteur privé, mais les sommes impliquées ne seront pas suffisantes pour avoir des effets importants, bien qu'elles puissent avantager sensiblement les petites firmes.

Répercussions sur les universités

Avant de tenter des prévisions qui pourraient être utiles aux administrateurs universitaires pour l'établissement de leurs plans d'action dans le domaine de l'océanologie et du génie océanique, nous devons examiner le contexte canadien actuel. Il y a vingt ans, seules quelques universités canadiennes donnaient un programme de 2^e cycle en ce domaine. La plupart des Canadiens qui voulaient poursuivre leurs études devaient aller à l'étranger, généralement aux États-Unis ou au Royaume-Uni. Depuis, on a noté une croissance de ces quatre facteurs qui se superposent: augmentation de la population, de la proportion d'étudiants à l'Université, de la proportion de diplômés qui poursuivent leurs études supérieures et de celle des Canadiens qui restent étudier dans leur pays. Il en est résulté une forte augmentation du nombre des étudiants diplômés en sciences et en technologie; il est passé de 1 574 en 1954 à 11 500 en 1968. On peut comparer ce taux de croissance, soit 15 p. 100 par an, avec celui de l'augmentation de la population, qui est environ de 2.5 p. 100. C'est là un symptôme de l'accroissement très rapide du nombre des professeurs d'université, dont nous parlons au chapitre V. Il est clair que cette situation *ne peut se prolonger* (à ceux qui aiment ces déductions mathématiques, on montre facilement que si la population des étudiants diplômés en science et en technologie augmentait selon les taux de croissance actuels, elle dépasserait la population totale d'ici 65 ans). En fait des signes de saturation apparaissent^{1 2} déjà et, pour la première fois depuis la crise économique de 1929, les diplômés ayant une formation approfondie ne trouvent pas tous facilement du travail. Toutefois, certains universitaires sont encore en faveur de l'augmentation du

¹Prévisions des ressources en effectifs et des fonds nécessaires à la recherche pour la période 1968-1972. CNRC 1969.

²Études de base relatives à la politique scientifique, par R.W. Jackson, D.W. Henderson et B. Leung. Étude spéciale n° 6 du Conseil des sciences du Canada.

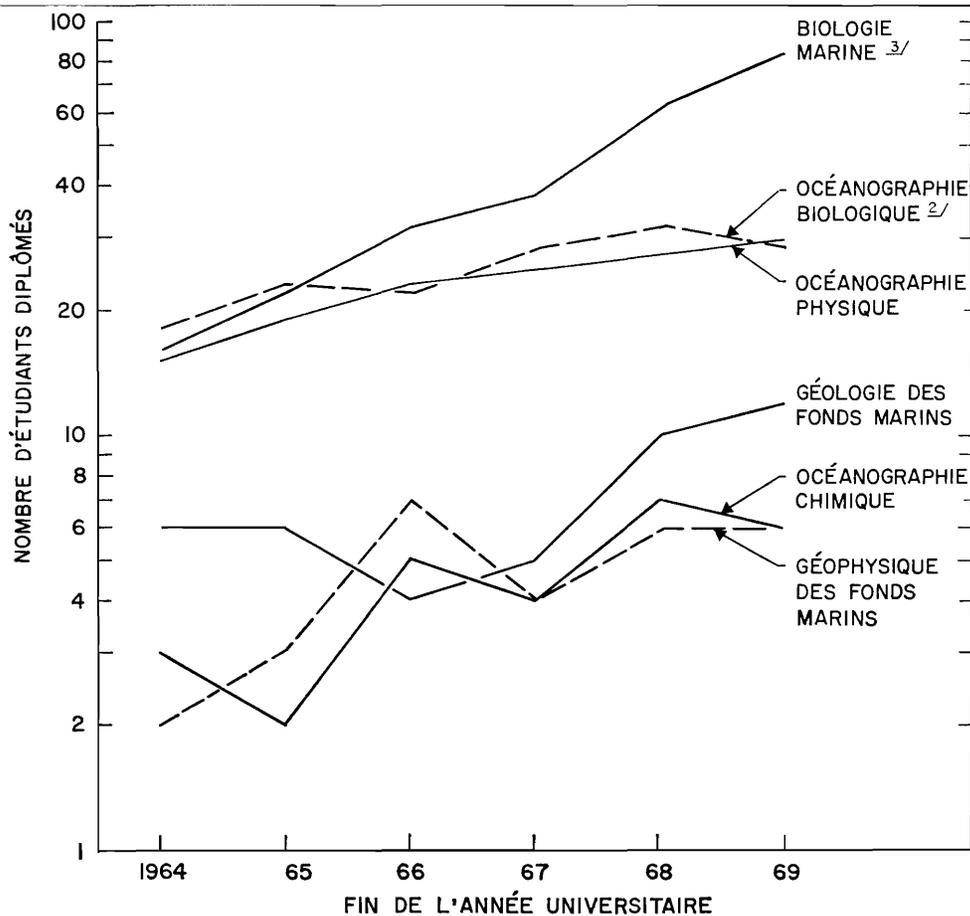
nombre des étudiants diplômés, ce qui pouvait se justifier il y a quelques années. Les situations changent plus rapidement que les opinions, qui devront évoluer.

Parmi les disciplines océaniques, c'est la biologie marine qui a ressenti le plus fortement l'évolution actuelle. Il revient aux universitaires enseignant la biologie marine de reviser l'ampleur des programmes des 2^e et 3^e cycles en fonction du nombre possible de débouchés. Au cours de notre étude, nous avons été surpris du peu d'intérêt que suscitait cette question chez de nombreux professeurs d'université. La figure n° VII.3 illustre de fait. On y représente le nombre d'étudiants diplômés de différentes disciplines océaniques dans les universités de la Colombie-Britannique, Dalhousie (Institut d'océanographie), McGill, de Victoria, Simon Fraser et de Guelph. En fait, l'écart entre la biologie et les autres disciplines est beaucoup plus important qu'il n'apparaît. C'est dans ces universités que l'on trouve presque tous les étudiants diplômés s'intéressant aux disciplines océaniques autres que la biologie. Mais on enseigne la biologie dans beaucoup d'autres universités canadiennes. On aurait pu également mentionner l'Institut des Pêches et le département de zoologie de l'Université de la C.-B. qui enseignent le biologie marine, de même que le département de biologie de l'Université Dalhousie.

Nous ne disons pas qu'il faudrait arrêter la croissance des établissements de 2^e et 3^e cycles, même dans le domaine de la biologie marine. Comme nous l'avons vu ci-dessus, les services de l'État utilisent peu ces diplômés, sauf s'ils ont une formation interdisciplinaire traitant des problèmes quantitatifs, qui peut être utile pour les études sur la pollution. Cependant, comme le signale la publication du CNRC intitulée «Prévisions des ressources en effectifs et fonds nécessaires à la recherche pour la période 1968-1972»³, ce sont les universités elles-mêmes qui offrent les débouchés les plus nombreux

³Conseil national de recherches, *op. cit.*

Figure n° VII.3-Nombre d'inscriptions d'étudiants diplômés, dans le domaine océanique¹



¹universités:

- a) Institut d'océanographie-U. de la C.-B.
- b) Institut d'océanographie-U. Dalhousie
- c) Centre des sciences de la mer-U. McGill
- d) Université de Victoria
- e) Université Simon Fraser
- f) Université de Guelph.

²dans les deux instituts: a) et b).

³dans les quatre universités.

Tableau n° VII.4—Effectifs des professeurs d'universités enseignant les sciences et la technologie de la mer en 1968-1969

Discipline	U.C.-B.	Dal.	McGill	U.S.F.	U. Vic.	Guelph	Laval	Mémorial	Totaux
Physique	7		4						11
Océanographie biologique et pêche	4 ^a	6 ^c	3	2	1	1	2		19
Biologie marine classique	4 ^b	1 ^d	8 ^e	3	7	4	1	9	37
Océanographie chimique	1	1							2
Géochimie			1						1
Géologie et géophysique	3	2	1						6
Génie océanique		1					1		2
Total	19	11	17	5	8	5	4	9	78

^{ay} compris un professeur au département de botanique.

^{by} compris 3 professeurs de l'Institut des Pêches et du département de zoologie.

^{cy} compris 2 professeurs du département de biologie.

^{dy} compris 1 professeur du département de biologie.

^{ey} compris 2 professeurs du département de zoologie.

aux titulaires de diplômes supérieurs. Le tableau n° VII.4 indique le nombre de professeurs enseignant les différentes disciplines océaniques dans les six universités canadiennes mentionnées à la figure n° VII.3, plus l'Université Laval. Selon le document du CNRC¹ le taux de croissance actuel du corps professoral universitaire serait de 13 p. 100. Ainsi ces six universités ont besoin de cinq nouveaux professeurs par an. Cependant, le groupe de 82 étudiants biologistes, qui se trouvent actuellement dans les établissements d'enseignement, devrait fournir 18 diplômés par an. Ainsi, l'accroissement de 13 p. cent par an du corps professoral sera insuffisante pour absorber les diplômés, à moins que d'autres universités non inscrites sur cette liste ne produisent pas assez de diplômés pour répondre à leurs propres besoins. Ce taux de progression lui-même ne peut être soutenu. On doute même qu'il se maintienne au cours des années 1970-1971 et qu'on le retrouve jamais ensuite. À la figure n° VII.3, la pente de la courbe au point où s'insère la biologie marine correspond à une croissance de 35 p. 100 par an. De toute évidence il faut freiner cette croissance.

Les chiffres cités ci-dessus sont imprécis en raison du manque d'uniformité des données dont nous disposons. Cependant, dans l'ensemble, le tableau que nous brossons est assez exact.

Bien que l'on doive réduire très sensiblement l'augmentation du nombre des étudiants se spécialisant en biologie marine et qu'il soit difficile de voir comment tous ceux d'aujourd'hui pourront obtenir des emplois correspondant à leurs qualifications, nous ne prétendons pas que leur nombre soit beaucoup trop grand. L'amélioration générale du niveau d'instruction au Canada doit se poursuivre. Il serait avantageux que de nombreux professeurs de l'enseignement secondaire soient pourvus d'un doctorat ès sciences. On peut même avancer que la rigueur de la formation scientifique à une grande valeur culturelle, et qu'il serait avantageux que les vendeurs et les épiciers aient une maîtrise ou un doctorat ès sciences. Cependant, ce genre d'enseignement serait très coûteux pour la société, et nous doutons que nous puissions nous montrer aussi prodigues, à présent ou dans un proche avenir. Par ailleurs, dans sa carrière future, il faut que l'étudiant utilise l'enseignement qu'il a reçu. L'enseignement supérieur dispensé devra être différent selon que le but à atteindre est l'enseignement dans une école secondaire ou la recherche.

À notre avis, un plus grand nombre de biologistes marins devraient être formés comme des écologistes, c'est-à-dire recevoir un enseignement moderne sur les aspects quantitatifs des disciplines biologiques. Malheureusement, de nombreux Canadiens estiment que la biologie doit surtout englober les questions d'histoire naturelle,

¹*Ibid.*

les relevés d'envergure, la collecte d'organismes vivants, la taxonomie qui les concerne, et jusqu'à un certain point leurs réactions physiologiques à certaines variables du milieu naturel. Certes, on a besoin de gens spécialisés dans ces domaines pour effectuer des études documentaires officielles, renouveler le personnel des musées et enseigner dans les écoles secondaires. Mais la formation actuelle est trop axée sur cette spécialité parce que de nombreux professeurs ont cette orientation. Il importe que nos établissements d'enseignement supérieur se tournent vers l'écologie qu'ils enseigneront en fournissant de bonnes bases en mathématiques, en physique et en chimie. Au Canada, ce sont les deux instituts d'océanographie, et les départements de biologie qui travaillent en liaison directe avec eux, qui pourront développer le plus rapidement cet aspect nécessairement interdisciplinaire de l'écologie océanique et de la pêche. Ces établissements sont les mieux placés pour fournir un enseignement interdisciplinaire, en raison de leur compétence étendue et parce qu'ils travaillent en liaison avec les grands laboratoires d'océanographie de l'État. L'Université McGill se trouve dans une position également avantageuse pour les études de biologie arctique.

Nous sommes certains qu'il faudrait soutenir la biologie marine par le canal de ces universités.

Il faut que les divers secteurs publics et l'industrie emploient des spécialistes de la lutte contre la pollution. Cette offre d'emplois est actuellement très faible, notamment dans l'industrie, peut-être parce qu'il y a peu de candidats. Employons une comparaison industrielle: la production doit s'écouler sur un marché, mais l'industrie sait très bien comment créer les débouchés au moyen de la publicité. Il peut être nécessaire d'indiquer aux autorités politiques responsables et aux chefs d'industrie qu'ils ont besoin de spécialistes pour étudier les problèmes de la pollution.

Si, comme on peut s'y attendre, la pollution demeure une menace, le coût

de la lutte contre ce fléau constituera une part importante des frais de l'industrie. Notre pays doit assumer ses responsabilités, car un jour les écologistes de l'État tout comme ceux des organismes privés s'occupant de la préservation du milieu, réclameront des lois plus sévères. De son côté, l'industrie, même si elle n'est pas tenue responsable des répercussions écologiques imprévues de la pollution, aura besoin de ses propres experts, afin de vérifier la validité des règlements antipollution imposés aux entreprises. Comme c'est la critique qui éclaire les idées, nous devrions laisser le débat s'engager; il permettra de développer les connaissances. Les universités doivent préparer les protagonistes.

Il semble qu'il y ait pléthore de biologistes marins. Les universités canadiennes n'étant pas habituées à ce genre de situation, nous avons estimé qu'il valait mieux s'étendre sur ce sujet.

Dans les autres domaines, comme nous le montrons au tableau n° VII.2, l'offre d'emplois excède la demande actuelle.

L'océanographie physique

Si l'on compare les tableaux n° VII.1 et n° VII.2, on constate qu'au cours de la prochaine décennie les laboratoires de l'État auront besoin d'environ 300 physiciens et ingénieurs océanographes. La Société canadienne pour l'exploitation de l'océan en requerra cinquante autres. Le tiers ou la moitié d'entre eux seront des physiciens, disons cent cinquante. Le roulement du personnel en exigera une cinquantaine d'autres. Ainsi, il faudra semble-t-il une vingtaine d'océanographes physiciens par an, sans parler des besoins des universités elles-mêmes. Ce chiffre ne tient pas compte des limnologues physiciens.

La figure n° VII.3 indique qu'en 1969 trente étudiants se spécialisaient en océanographie physique, soit deux fois plus qu'en 1964, au taux annuel de croissance de 15 p. 100. Ainsi, bien que les océanographes physiciens sortent de l'université en nombre très insuffisant, la croissance du nombre des étudiants est

forte, et si elle se maintient jusqu'à la fin de la décennie, l'offre et la demande d'emplois seront en équilibre. C'est pourquoi nous ne proposons pas de mesures extraordinaires pour augmenter le nombre d'océanographes physiciens; nous estimons qu'il suffira de maintenir le taux de croissance actuel pendant encore dix ans. Un nombre double en cinq ans s'il croît à raison de 15 p. 100 par an. Comme nous avons essayé de le montrer, il ne faudrait pas que ce taux de croissance se maintienne trop longtemps et, vers 1980, les universités devront freiner la croissance de l'océanographie physique.

De toutes façons, il y aura une certaine pénurie d'océanographes physiciens au cours des prochaines années. On ne doit pas s'en alarmer. Par ailleurs, il faut se rappeler que sur les 90 océanographes physiciens en exercice, bien peu ont eu une formation universitaire en ce domaine. On admet que cette formation universitaire est précieuse et de nombreux laboratoires de l'État ont déjà renvoyé dans les universités quelques-uns de leurs scientifiques¹. Toutefois, elle n'est pas indispensable.

On peut remédier à cette pénurie de deux façons: en attirant du personnel de l'étranger, ou en employant des gens qui n'ont pas une formation spéciale dans le domaine marin. On a utilisé les deux méthodes par le passé, et l'on pourra s'en servir à l'avenir. Nous préférons la seconde. Chaque année, au Canada, plusieurs centaines d'étudiants obtiennent un diplôme supérieur en physique. On doit encourager les diplômés attirés par le domaine marin à se spécialiser sur le tas. À la longue, ils seront plus utiles que ceux qui se sont spécialisés dans le domaine de la mer sans avoir une formation de base aussi étendue. Nous connaissons trop de diplômés appartenant à cette

¹ Il ne s'agit pas simplement des laboratoires de l'État du Canada. Par exemple, l'Université de la C.-B. a déjà donné ce genre de formation complémentaire à deux physiciens dont l'un venait des États-Unis et l'autre de France. Un autre Français devait venir en 1970. À l'inverse, des Canadiens ont été envoyés aux États-Unis et au Royaume-Uni.

dernière catégorie qui viennent des écoles d'océanographie des États-Unis.

La biologie marine et les pêches

Presque toutes nos remarques sur l'océanographie physique s'appliquent aux biologistes s'intéressant aux aspects quantitatifs de l'écologie. Il en faudrait peut-être 130, si l'on tient compte du roulement du personnel; on pourrait obtenir ce nombre relativement faible de spécialistes grâce à un taux annuel de croissance de 15 p. 100 des étudiants diplômés, progression un peu plus rapide qu'au cours des cinq dernières années. Il est peut-être souhaitable que la croissance soit plus lente; il vaut mieux que le nombre des diplômés triple plutôt que de quadrupler d'ici dix ans.

La situation en biologie marine diffère de celle de l'océanographie physique, car les biologistes de formation supérieure, sans spécialisation marine, s'y adaptent moins bien qu'un physicien nucléaire ne le ferait aux exigences de l'océanographie physique. Cela s'explique par la formation de base insuffisante en mathématiques, physique et chimie qui est celle de trop de biologistes. En de nombreux cas, ces lacunes proviennent d'un manque d'enthousiasme des biologistes pour ces disciplines, ce qui d'ailleurs les avait orientés vers la biologie. C'est pourquoi on ne pourra guère compter sur ces biologistes pour résoudre les problèmes marins de la prochaine décennie. Il existe cependant quelques domaines où ils pourront être utiles: par exemple, l'étude de la motivation et du comportement des poissons, qu'il faut connaître pour concevoir les engins de pêche modernes.

Ainsi, faudra-t-il peut-être attirer des biologistes marins de l'étranger.

La chimie et la géochimie océaniques

L'offre d'emplois de chimistes et géochimistes-océanographes dépasse de beaucoup le nombre de spécialistes en ce domaine. Par ailleurs, des centaines de diplômés en chimie sortent chaque année des universités sans avoir cette spécialisation. Il est donc difficile de se prononcer.

Peut-être faut-il modifier le concept courant du chimiste ou géochimiste océanographe, ou intéresser à ce domaine un plus grand nombre d'étudiants grâce à des séminaires organisés par les associations d'étudiants du 1^{er} cycle, dans tout le Canada. L'exposé de la complexité des problèmes et des méthodes modernes employées pour les résoudre modifierait l'image du chimiste-océanographe s'occupant d'interminables titrations.

La géologie et la géophysique des fonds océaniques

La situation dans ces deux disciplines a beaucoup de traits communs avec celles de la biologie marine et de la physique de l'océan. L'évolution de l'offre et de la demande d'emploi est très semblable à celle de la biologie marine, et le triplement du nombre des diplômés au cours de la prochaine décennie est souhaitable, suivi d'un freinage de sa croissance.

Les remèdes à la pénurie temporaire de géologues et géophysiciens des fonds marins sont similaires à ceux mentionnés dans le cas de l'océanographie physique. Ces scientifiques non spécialisés dans le milieu marin devraient s'y adapter assez rapidement.

La technologie océanique

De tous les domaines abordés dans ce chapitre, c'est la technologie océanique, qui, à notre avis, pose les problèmes les plus difficiles. Bien que l'on ne forme pas spécialement des technologues de l'océan, au Canada, quelque 80 ou 90 ingénieurs travaillent en ce domaine dans les laboratoires fédéraux, et un nombre probablement plus élevé, mais mal connu, de ces spécialistes sont au service du secteur privé. Par ailleurs, plus d'une centaine de spécialistes au ministère des Travaux publics œuvrent à des travaux de génie côtier, et le ministère de la Défense nationale emploie plus de deux cents spécialistes pour la conception des navires, comme l'indique le tableau n° VII.1. On estime que les offres d'emplois pour ces technologues tripleront au cours des dix ans à venir. Les besoins se feront surtout sentir

dans l'industrie, et ils dépasseront probablement les capacités des universités à former ces spécialistes au cours des prochaines années. Mais quelle devra être la nature de cette formation? C'est à l'industrie de nous le dire. Et nous approuvons l'initiative du doyen de la faculté des sciences appliquées de l'Université de la C.-B., qui a convié les représentants de l'industrie à un examen préliminaire pour préciser quelle devrait être la formation supérieure en technologie océanique.

Comme nous l'avons dit au chapitre VI, nous estimons que l'enseignement supérieur en technologie de l'océan devrait débiter dans les instituts actuels d'océanographie de l'Université de la C.-B. et de l'Université Dalhousie. Cependant, si cette discipline se développe au rythme prévu, il faudra bientôt que d'autres établissements s'en occupent. Les universités Laval et McGill pourraient logiquement poser leur candidature.

Le financement de la recherche universitaire

Le tableau n° VII.5 indique les sources du financement pour les recherches océanographiques des six universités de la C.-B., de Guelph, de Victoria, Dalhousie et Mémorial. Ce calcul ne tient pas compte de la durée d'utilisation des navires de l'État, octroyée gratuitement par le central répartiteur. Si on évaluait cette aide matérielle, le total indiqué au tableau n° VII.5 passerait de 2.5 millions à environ 4 millions de dollars.

Il convient de souligner quelques caractéristiques de ce tableau:

1° Le CNRC est la principale source d'aide à la recherche.

2° Les sources étrangères font une plus large contribution que les organismes de l'État à vocation spécialisée (si l'on ne compte pas le temps d'utilisation des navires).

3° Les organismes de l'État à vocation spécialisée font presque exclusivement leur contribution sous forme de temps d'utilisation de navire.

Nous remarquons certaines anomalies.

Tableau n° VII.5—Dépenses universitaires^a dans le domaine des sciences et de la technologie de la mer. Évaluation pour l'année 1968-1969

Source	Montant approximatif en milliers de dollars	Pourcentage
Fonds universitaires	600	23
Subventions et bourses du CNRC	1 500	58
Autres sources fédérales	190	7
Autres sources canadiennes	55	2
Sources étrangères ^b	250	10
Total	2 595	100

^aIl s'agit seulement des universités citées au tableau n° VII.4.

^bSeulement pour les universités de la C.-B., McGill et Dalhousie.

Remarques: Les sources étrangères apportent une aide plus importante que les organismes de l'État à vocation spécialisée.

Dans la catégorie «Autres sources canadiennes», on a inclus les bourses accordées par les provinces (et quelques petites sommes versées par l'industrie ou d'origine privée).

En effet, *pratiquement toutes les recherches marines effectuées par les universités sont thématiques**. Les problèmes étudiés et les méthodes utilisées sont souvent les mêmes que dans le cas des laboratoires de l'État à vocation spécialisée. La principale différence est que ces derniers peuvent traiter des problèmes à plus long terme. Cette formule ne convient pas à la recherche universitaire.

Le CNRC devrait continuer à financer largement la recherche, en fonction de la valeur des chercheurs. Quelques scientifiques accomplissent des travaux d'une si grande qualité que la question de pertinence se pose à peine, et même, peu de personnes seraient assez compétentes pour en juger.

Cependant la majorité des chercheurs des universités n'accomplissent pas des travaux de si haute valeur. Dans leur cas, c'est la pertinence de leurs travaux qui doit constituer le critère principal. Cela ne les empêche pas d'être excellents, et il s'en trouve, comme nous l'avons montré au chapitre VI. Les organismes à vocation spécialisée, qui sont sensibles aux changements d'orientation de la politique de l'État, sont les mieux placés pour juger ce facteur. C'est pourquoi ces organismes devraient accorder une aide plus large à la recherche universitaire, sous la forme de subventions et de contrats. Leur aide actuelle, sous forme de prêts de navires, ne leur permet guère d'orienter la recherche universitaire qui trouve son financement

ailleurs selon des critères complètement différents.

S'il faut choisir entre les subventions et les contrats, nous préférons les subventions. Le chercheur universitaire peut bien orienter son travail en vue d'un objectif particulier, son université n'en est pas moins un organisme à vocation non spécialisée. On doit respecter le statut de chercheur universitaire, qui en pratique, doit jouir d'une grande liberté d'action. Si, au cours d'un programme de recherches thématiques, il découvre une voie prometteuse, conduisant à un objectif tout à fait différent, on doit le laisser suivre cette voie, même si le nouvel objectif se trouve dans un cadre non prévu. Bien entendu, il aura à se faire financer par le ministère dont relève son nouvel objectif (ou en invoquant le critère de la qualité); on ne devra pas lui demander d'atteindre son ancien but en négligeant la voie prometteuse qui s'offre.

*C'est-à-dire qu'elles ont un objectif spécialisé (mission-oriented research).

Appendice

Annexe A

A. Définitions

L'océanologie (sciences de la mer) comprend l'étude des océans, de ce qu'ils contiennent et de leurs limites. Parmi tous les domaines intéressés, notons:

1° l'océanographie physique et l'étude physique de l'eau de mer et de la glace;

2° l'océanographie chimique et la chimie de l'eau de mer;

3° l'océanographie biologique et la biologie du milieu marin (y compris les pêches maritimes);

4° l'océanographie géologique et la géologie des fonds marins;

5° la géophysique et la géochimie des fonds marins;

6° les études sur l'interaction océan-atmosphère;

7° l'hydrodynamique océanique;

8° l'hydrographie;

9° la dérive littorale.

Aux fins de cette étude, la technologie océanique porte sur les procédés et techniques employées

a) en océanologie;

b) pour la prospection et l'exploitation des richesses océaniques*;

c) en technologie maritime.

B. Mandat du Groupe d'études

1. Objectifs nationaux en océanologie et technique océanique

Compte tenu de l'importance actuelle et future des sciences et des richesses océaniques pour l'économie du Canada, et en prévision des avantages socio-économiques qui pourront être obtenus, le Groupe d'étude:

a) délimitera les objectifs nationaux des sciences et de la technologie de la mer, dans le contexte plus large des buts scientifiques en général et des objectifs du pays;

*Les richesses océaniques comprennent celles du sous-sol et du sol de la plate-forme continentale, ainsi que des eaux qui la recouvrent; celles du talus continental et des profondeurs de l'océan; et également les possibilités récréatives du milieu marin.

Remarque: Bien que la limnologie, l'hydrologie et la géologie de la roche de fond ne soient pas incluses dans la définition donnée ci-dessus, l'étude aborde ces disciplines, afin de présenter un exposé complet.

b) déterminera les domaines où le Canada pourrait jouer un rôle important ou particulier. Ces domaines pourraient englober, par exemple, les caractéristiques géographiques et climatiques du Canada, les problèmes particuliers de la glace, de la pollution et de la navigation, et les possibilités ouvertes par la compétence scientifique et industrielle de notre pays.

c) évaluera la contribution des sciences et de la technologie de la mer en ce qui concerne:

1° les ressources de la plate-forme et du talus continentaux, et des profondeurs océaniques;

2° les relations sur le plan international;

3° l'aide extérieure;

4° la souveraineté canadienne;

5° les aspects océanologiques de la défense;

6° les droits juridiques spéciaux;

7° la collaboration scientifique et les échanges de données;

8° les problèmes des transports et de la navigation.

2. Examen de la situation actuelle

Le Groupe:

a) examinera les programmes canadiens actuels d'océanologie et de technologie océanique et leur articulation avec les objectifs nationaux;

b) évaluera les efforts déployés actuellement (y compris le financement) en vue d'atteindre les objectifs nationaux;

c) établira des conclusions indiquant s'il est souhaitable et possible d'harmoniser les programmes actuels et prévus dans le cadre d'un effort national coordonné, et indiquera les méthodes appropriées.

3. Priorité

Le Groupe établira un ordre de priorité pour atteindre les objectifs nationaux en océanologie et technologie océanique.

4. Besoins

Le Groupe:

a) précisera quels seraient les genres d'organismes de l'État (le secteur de la défense inclus), universitaires ou privés dont l'activité placerait le Canada dans la

meilleure situation possible pour l'obtention des connaissances sur les richesses océaniques et pour l'essor des services maritimes et des firmes exploitant les ressources océaniques ou fabriquant des instruments d'usage maritime;

b) établira une prospective des besoins en personnel technique au cours des dix prochaines années, en vue d'atteindre les objectifs fixés;

c) déterminera les besoins en établissements de formation de ce personnel;

d) déterminera l'importance du financement nécessaire pour atteindre les objectifs nationaux;

e) esquissera la description d'un mécanisme permettant d'administrer de façon appropriée les activités nationales de recherche, de développement technique et d'innovation*, y compris la coordination des activités pertinentes des secteurs industriel, universitaire et public.

*Nous donnons ci-dessous les définitions de la recherche fondamentale et appliquée, du développement technique et de l'innovation, tirées du Rapport n° 4 du Conseil des sciences «Vers une politique nationale des sciences au Canada», octobre 1968.

1. *La recherche de base ou fondamentale.* Elle consiste en une recherche généralisée en vue d'acquérir de nouvelles connaissances, sans égard aux applications pratiques; elle constitue également une des plus importantes réalisations culturelles de l'homme. Tout travail de recherche fondamentale est jugé d'après sa contribution au développement des concepts scientifiques.

2. *La recherche appliquée.* Elle constitue une recherche en vue d'acquérir de nouvelles connaissances pour la solution d'un problème déterminé, précisé au début du programme de recherche. Elle diffère de la recherche fondamentale, non par ses méthodes et sa portée, mais par sa motivation. On doit juger les programmes de recherche appliquée d'après le rapport existant entre les objectifs préalablement fixés et les résultats obtenus.

3. *Le développement technique* est en fait le stade final de la recherche appliquée, consistant essentiellement dans la mise au point de nouveaux biens ou services. Il constitue une activité coûteuse, au même titre que la construction de prototypes, d'usines-pilotes, ou l'exécution d'essais à l'échelle réelle.

4. *L'innovation* est la mise en œuvre pratique des résultats de la recherche et du développement, en vue de la fourniture de marchandises ou des services, nouveaux ou améliorés. De nouveaux moyens de production étant fréquemment nécessaires, l'innovation constitue souvent une activité exigeant d'importantes mises de fonds.

Ces activités ne sont pas séparées par des frontières nettes; elles se chevauchent et font partie de la gamme des activités scientifiques.

Annexe B

Évaluation du coût de certains programmes que pourrait réaliser la Société canadienne pour l'exploration de l'océan

	Coûts en millions de dollars	Coût moyen annuel
<i>1) Programme de 5 ans pour le forage sous-marin.</i>		
<i>Mise au point et fabrication des équipements</i>		
Base sous-marine	20	
Dispositif de lestage	5	
Moteurs de propulsion	5	
Dispositif de mise en place et d'ancrage	5	
Méthodes de forage	10	
Équipement de forage	5	
Perfectionnement du matériel de forage	5	
Sas de raccordement	5	
	<u>60</u>	
Coût moyen annuel		12
<i>2) Programme de 10 ans pour la mise au point de groupes générateurs sous-marins</i>		
<i>(en collaboration avec l'Énergie atomique du Canada ltée)</i>		
Groupes électronucléaires mobiles mis en place sous la banquise (partage des frais avec l'ÉACL ?)	35	
Câbles de liaison	5	
Câbles électriques sous-marins et groupe générateur à terre	5	
Groupes générateurs sous-marins fonctionnant à l'O ₂ ou à combustible	10	
Conduites de ventilation	5	
	<u>60</u>	
Coût moyen annuel		6
<i>3) Programme de 5 ans pour la mise au point de têtes de puits en eau profonde</i>		
Choix d'équipements et réalisation	20	
Mise au point de navettes sous-marines	10	
Dispositifs de télémanipulation	5	
	<u>35</u>	
Coût moyen annuel		7
<i>4) Programme permanent de prévention de la pollution et de dépollution</i>		
Mise au point de l'équipement		
Coût moyen annuel		2
<i>5) Programme de 5 ans pour la création d'installations d'essais du matériel et d'essais sous pression</i>		
<i>(les installations de Floride ont coûté 12 millions de dollars)</i>		
Coût moyen annuel		3

	Coûts en millions de dollars	Coût moyen annuel
<i>6) Programme de 5 ans d'études géophysiques à travers la banquise arctique</i>		
Mise au point de l'équipement	10	
Soutien logistique	15	
	<u>25</u>	
Coût moyen annuel		5
<i>7) Programme de 5 ans d'études sur la technologie des services de surface en climat polaire</i>		
Mise au point de l'équipement	10	
Soutien logistique	5	
	<u>15</u>	
Coût moyen annuel		3
<i>8) Programme de 5 ans pour la mise en place des services de prévision et d'interprétation des données ambiantes</i>		
Fabrication de l'équipement et mise en place	3	
Services d'informatique	1.5	
Relevés spéciaux pendant 5 ans, à 100 000 dollars par an	2.5	
Contrats de consultation en 5 domaines	5	
	<u>12</u>	
Coût moyen annuel		2.4
<i>9) Programme de 5 ans pour la mise en place des services d'information et l'étude des méthodes de pêche</i>		
Mise au point et fabrication de l'équipement	5	
Essais de rendement	1.5	
Services d'informatique	1	
Contrats de consultation	1	
	<u>8.5</u>	
Coût moyen annuel		1.7
<i>10) Programme de 5 ans pour l'automatisation des navires de pêche</i>		
Mise au point de l'équipement et des engins	5	
Études techniques sur les navires et construction	2	
	<u>7</u>	
Coût moyen annuel		1.4
<i>11) Programme de R & D de 5 ans sur l'ostréiculture, la mytiliculture et la pisciculture dans les estuaires</i>		
10 années de spécialiste	1	
Location et construction d'installations	1.5	
	<u>2.5</u>	
Coût moyen annuel		0.5

	Coûts en millions de dollars	Coût moyen annuel
<i>12) Programmes permanents de diffusion de la technologie et de vulgarisation</i>		
Traitements et frais du personnel détaché (30 années de spécialiste à 40 000 dollars chacune)=	1.2	
Bourses et traitements des étudiants (40 années d'étudiant diplômé à 5 000 dollars chacune)=	.2	
	<u>1.4</u>	
Coût moyen annuel		1.4
<i>13) Programme permanent d'études techniques sur les instruments spéciaux</i>		
Chaque instrument:		
1.5 année de spécialiste à 20 000 \$/an	\$30 000	
3 années de technicien à 10 000 \$/an	30 000	
Frais d'équipement	35 000	
Frais généraux	5 000	
Total pour chaque instrument	<u>100 000</u>	
Pour 10 instruments par an, à 100 000 dollars l'instrument=\$1 000 000		
Coût moyen annuel		1
<i>14) Services d'information permanents</i>		
Personnel de bibliothèque (inclus dans les dépenses d'exploitation)		
Achat de livres et de matériel	\$250 000 /an.	
Publicité	350 000 /an.	
Service d'informatique	250 000	
Publications et commercialisation	250 000	
Consultations en gestion	400 000	
Total annuel	<u>1 500 000</u>	
Coût moyen annuel		1.5
Total général		47.9

Publications du Conseil des sciences du Canada

Rapports annuels

Premier rapport annuel, 1966-1967
(SS1-1967F)

Deuxième rapport annuel, 1967-1968
(SS1-1968F)

Troisième rapport annuel, 1968-1969
(SS1-1969F)

Quatrième rapport annuel, 1969-1970
(SS1-1970F)

Cinquième rapport annuel, 1970-1971
(SS1-1971F)

Rapports

Rapport n° 1, Un programme spatial pour le Canada (SS22-1967/1F, \$0.75)

Rapport n° 2, La proposition d'un générateur de flux neutroniques intenses: Première évaluation et recommandations (SS22-1967/2F, \$0.25)

Rapport n° 3, Un programme majeur de recherches sur les ressources en eau du Canada (SS22-1968/3F, \$0.75)

Rapport n° 4, Vers une politique nationale des sciences au Canada (SS22-1968/4F, \$0.75)

Rapport n° 5, Le soutien de la recherche universitaire par le gouvernement fédéral (SS22-1969/5F, \$0.75)

Rapport n° 6, Une politique pour la diffusion de l'information scientifique et technique (SS22-1969/6F, \$0.75)

Rapport n° 7, Les sciences de la Terre au service du pays—Recommandations (SS22-1970/7F, \$0.75)

Rapport n° 8, Les arbres...et surtout la forêt (SS22-1970/8F, \$0.75)

Rapport n° 9, Le Canada...leur pays (SS22-1970/9F, \$0.75)

Rapport n° 10, Le Canada, la science et la mer (SS22-1970/10F, \$0.75)

Rapport n° 11, Le transport par ADAC: Un programme majeur pour le Canada (SS22-1970/11F, \$0.75)

Rapport n° 12, Les deux épis, ou l'avenir de l'agriculture (SS22-1970/12F, \$0.75)

Études spéciales

Les cinq premières études de la série ont été publiées sous les auspices du Secrétariat des sciences.

Special Study No. 1, Upper Atmosphere and Space Programs in Canada, by J.H. Chapman, P.A. Forsyth, P.A. Lapp, G.N. Patterson (SS21-1/1, \$2.50)

Special Study No. 2, Physics in Canada: Survey and Outlook, by a Study Group of the Canadian Association of Physicists headed by D.C. Rose (SS21-1/2, \$2.50)

Étude spéciale n° 3, La psychologie au Canada, par M.H. Appley et Jean Rickwood, Association canadienne des psychologues (SS21-1/3F, \$2.50)

Étude spéciale n° 4, La proposition d'un générateur de flux neutroniques intenses: Évaluation scientifique et économique, par un Comité du Conseil des sciences du Canada (SS21-1/4F, \$2.00)

Étude spéciale n° 5, La recherche dans le domaine de l'eau au Canada, par J.P. Bruce et D.E.L. Maasland (SS21-1/5F, \$2.50)

Étude spéciale n° 6, Étude de base relatives à la politique scientifique: Projection des effectifs et des dépenses R & D, par R.W. Jackson, D.W. Henderson et B. Leung (SS21-1/6F, \$1.25)

Étude spéciale n° 7, Le gouvernement fédéral et l'aide à la recherche dans les universités canadiennes, par John B. Macdonald, L.P. Dugal, J.S. Dupré, J.B. Marshall, J.G. Parr, E. Sirluck, E. Vogt (SS21-1/7F, \$3.00)

Étude spéciale n° 8, L'information scientifique et technique au Canada, Première partie, par J.P.I. Tyas (SS21-1/8F, \$1.00)

II^e partie, Premier chapitre, Les ministères et organismes publics (SS21-1/8-2-1F, \$1.75)

II^e partie, Chapitre 2, L'industrie (SS21-1/8-2-2F, \$1.25)

II^e partie, Chapitre 3, Les universités (SS21-1/8-2-3F, \$1.75)

II^e partie, Chapitre 4, Organismes internationaux et étrangers (SS21-1/8-2-4F, \$1.00)

II^e partie, Chapitre 5, Les techniques et les sources (SS21-1/8-2-5F, \$1.25)

II^e partie, Chapitre 6, Les bibliothèques (SS21-1/8-2-6F, \$1.00)

II^e partie, Chapitre 7, Questions économiques (SS21-1/8-2-7F, \$1.00)

Étude spéciale n° 9, La chimie et le génie chimique au Canada: Étude sur la recherche et le développement technique, par un groupe d'étude de l'Institut de Chimie du Canada (SS21-1/9F, \$2.50)

Étude spéciale n° 10, Les sciences agricoles au Canada, par B.N. Smallman, D.A. Chant, D.M. Connor, J.C. Gilson, A.E. Hannah, D.N. Huntley, E. Mercier, M. Shaw (SS21-1/10F, \$2.00)

Étude spéciale n° 11, L'invention dans le contexte actuel, par Andrew H. Wilson (SS21-1/11F, \$1.50)

Étude spéciale n° 12, L'aéronautique débouche sur l'avenir, par J.J. Green (SS21-1/12F, \$2.50)

Étude spéciale n° 13, Les sciences de la Terre au service du pays, par Roger A. Blais, Charles H. Smith, J.E. Blanchard, J.T. Cawley, D.R. Derry, Y.O. Fortier, G.G.L. Henderson, J.R. Mackay, J.S. Scott, H.O. Seigel, R.B. Toombs, H.D.B. Wilson (SS21-1/13F, \$4.50)

Étude spéciale n° 14, La recherche forestière au Canada, par J. Harry G. Smith et G. Lessard (SS21-1/14F, \$3.50)

Étude spéciale n° 15, La recherche piscicole et faunique, par D.H. Pimlott, C.J. Kerswill et J.R. Bider (SS21-1/15F, \$3.50)

Étude spéciale n° 16, Le Canada se tourne vers l'océan, par R.W. Stewart et L.M. Dickie (SS21-1/16F, \$2.50)

Étude spéciale n° 17, Étude sur les travaux canadiens de R & D en matière de transports, par C.B. Lewis (SS21-1/17F, \$0.75)

Étude spéciale n° 18, Du formol au Fortran, par P.A. Larkin et W.J.D. Stephen (SS21-1/18F, \$2.50)

Étude spéciale n° 19, Les Conseils de recherches dans les provinces, une richesse pour notre pays, par Andrew H. Wilson (SS21-1/19F, \$1.50)

Étude spéciale n° 20, Perspectives d'emploi pour les scientifiques et les ingénieurs au Canada, par Frank Kelly (SS21-1/20F, \$1.00)