

Ser
Q1
C212s1
no.9



Étude spéciale n° 9

La chimie et le génie chimique au Canada : Étude sur la recherche et le développement technique

Préparé par un groupe d'étude de
l'Institut de Chimie du Canada

sous la direction

d'A. E. R. Westman

pour

le Conseil des sciences du Canada

**LA CHIMIE ET LE GÉNIE CHIMIQUE AU CANADA:
ÉTUDE SUR LA RECHERCHE ET LE DÉVELOPPEMENT TECHNIQUE**

Étude Spéciale n° 9

La chimie et le génie chimique au Canada: étude sur la recherche et le développement technique

Préparé par un groupe d'étude de
l'Institut de Chimie du Canada

sous la direction
d'A.E.R. Westman

pour le Conseil des sciences du Canada

© Droits de la Couronne réservés

En vente chez l'Imprimeur de la Reine à Ottawa,
et dans les librairies du Gouvernement fédéral
dont voici les adresses:

HALIFAX
1735, rue Barrington

MONTREAL
Édifice Aeterna-Vie, 1182 ouest, rue Ste-Catherine

OTTAWA
Édifice Daly, angle Mackenzie et Rideau

TORONTO
221, rue Yonge

WINNIPEG
Édifice Mall Center, 499, avenue Portage

VANCOUVER
657, rue Granville

ou chez votre libraire.

Prix: \$2.50 N° de catalogue SS21-1/9F

Prix sujet à changement sans avis préalable

Imprimeur de la Reine
Ottawa, Canada
1969

DÉFINITION

Pour les besoins de l'enquête, le groupe d'étude de l'ICC a englobé dans la R et D en chimie «tous les travaux de R et D se rapportant à la chimie ou au génie chimique, y compris la chimie analytique, la chimie minérale, la métallurgie, la chimie organique, la chimie physique, la chimie agricole et alimentaire, la biochimie, le génie chimique, la chimie du globe terrestre et les domaines connexes.»

Le terme «R et D en chimie» utilisé tout au long du rapport englobe tout le domaine cerné ci-dessus.

AVANT-PROPOS

La présente étude fut entreprise en novembre 1966, à la demande du Secrétariat des sciences du Bureau du Conseil privé.

L'Institut de Chimie du Canada se chargea d'entreprendre une étude complète de la situation canadienne dans le domaine de la recherche et du développement technique en chimie et dans les secteurs scientifiques et technologiques connexes.

L'Institut forma un comité de direction sous la conduite du président en exercice de son Conseil d'administration, le D^r Maurice Adelman, pour qu'il prenne l'entière charge de l'étude et du rapport. Le Comité de direction à son tour nomma comme directeur de l'étude le D^r A. E. R. Westman, qui avait récemment quitté le poste de directeur des recherches de la Fondation des recherches de l'Ontario pour prendre sa retraite.

On divisa le domaine sous étude en vingt secteurs. Un président ayant pouvoir de choisir son propre comité d'étude fut chargé de chaque secteur. En outre, on entreprit un relevé statistique avec l'aide d'un mathématicien consultant et du personnel du siège social de l'Institut et grâce à ses installations.

Le 1^{er} novembre 1968, le Secrétariat des sciences transféra au Conseil des sciences du Canada la charge de mener à bien les études spéciales qui avaient été entreprises par le Secrétariat et qui étaient en cours de réalisation. La présente étude fait partie de ce groupe.

Le rapport final de l'Institut de Chimie du Canada, transmis au Conseil des sciences, comprend quatre volumes:

- i) le présent Rapport sommaire
- ii) le texte complet des rapports des sous-comités 1 à 10
- iii) le texte complet des rapports des sous-comités 11 à 20
- iv) les tableaux des données du relevé statistique, dont les titres sont mentionnés dans une annexe du rapport sommaire.

Le Rapport sommaire seul est publié. On peut obtenir des copies des rapports du Comité et des tableaux du relevé statistique en s'adressant au Conseil des sciences du Canada, 150 rue Kent, Ottawa.

Les opinions exprimées dans le présent rapport sont *exclusivement* celles de ses auteurs et ne doivent aucunement être attribuées au Conseil des sciences. Les conclusions et recommandations du Conseil des sciences seront publiées plus tard dans une brochure séparée.

P. D. McTaggart-Cowan,
Directeur général,
Conseil des sciences du Canada.

PRÉFACE

À notre époque, les répercussions de la science et de la technologie sur les structures économiques et sociales de notre société exigent que le gouvernement canadien s'occupe des problèmes de la recherche scientifique et technique et des défis qu'elles pose. La recherche et le développement technique nécessitent de nos jours un soutien substantiel de la part des finances publiques; toutefois une recherche bien conduite, conçue sagement, exécutée convenablement et complétée par un développement technique actif est, de toutes manières, un placement avisé pour une société progressiste, car elle produit directement de nombreux profits matériels et culturels. Les problèmes qui se posent sont les suivants: comment encourager une bonne recherche, et dans quels domaines? de quel ordre de grandeur doivent être les subventions accordées à la recherche fondamentale, à la recherche appliquée et au développement technique, pour correspondre aux niveaux de prospérité et de productivité du pays?

Ces questions donnent une idée de l'importance de l'industrie basée sur la chimie et les sciences et techniques connexes, qui assume actuellement environ 45% des coûts concernant la chimie dans la recherche et le développement industriels internes au Canada. Ceci prouve donc clairement que toute planification de R et D pour l'avenir doit accorder une importance primordiale à ce secteur.

La documentation contenue dans cette étude englobe l'activité d'une très grande partie de la R et D en chimie réalisée dans tous les secteurs au Canada; elle devrait apporter une aide précieuse pour la planification des subventions gouvernementales et pour la coordination des efforts de tous les secteurs en vue d'assurer les résultats les plus valables, non seulement dans le domaine des sciences et des techniques mais aussi pour le progrès économique du Canada dans son ensemble.

A. E. R. Westman,
Directeur de l'Étude.

REMERCIEMENTS

Le Comité de direction tient à exprimer sa gratitude au D^r A. E. R. Westman qui a assuré l'organisation et l'exécution de cette étude, aux présidents et aux membres des commissions qui ont apporté tant d'énergie et d'enthousiasme aux tâches qui leur étaient assignées par le Directeur de l'étude.

Des remerciements reviennent aussi à la Section d'études des activités scientifiques du Bureau fédéral de la Statistique, au personnel permanent de l'Institut de Chimie du Canada ainsi qu'au personnel et aux conseillers du Secrétariat des Sciences pour l'aide qu'ils nous ont apportée.

Grâce à l'Association canadienne des fabricants de produits chimiques, nous avons reçu de ses membres un grand nombre de réponses au questionnaire destiné aux sociétés; nous sommes enfin très reconnaissants envers ceux qui ont répondu à notre questionnaire, nous permettant d'obtenir ainsi un pourcentage élevé de réponses dans tous les secteurs.

L'*Ontario Research Foundation*, enfin, a aimablement mis un bureau et du matériel à la disposition du Directeur de l'étude.

M. Adelman, *président,*
Comité de direction de l'ICC.

TABLE DES MATIERES

	<i>Page</i>
DÉFINITION	v
AVANT-PROPOS	vii
PRÉFACE	ix
REMERCIEMENTS	xi
TABLE DES MATIÈRES	xiii
RÉSUMÉ DES PRINCIPALES RECOMMANDATIONS	xvii
CHAPITRE I. LE RÔLE DE LA CHIMIE	
I.1 La chimie et les autres sciences	1
I.2 Chimie et génie	3
I.3 Chimie et métallurgie	3
I.4 Chimie et médecine	4
I.5 Chimie et agriculture	4
I.6 Chimie et géologie	4
I.7 Chimie et industrie	4
I.8 La chimie et la société	5
CHAPITRE II. ORGANISATION DE L'ÉTUDE	
II.1 Origine et mandat de la commission	7
II.2 Limites et subdivisions	7
II.3 Structure de l'étude	9
II.4 Définitions	11
CHAPITRE III. ÉTUDE STATISTIQUE	
III.1 Répartition des dépenses de R et D	13
A. par secteurs de réalisation et sources de financement	13
B. par caractère et catégorie de R et D	21
III.2 Besoins de personnel, d'équipement et de services supplémentaires	25
III.3 Effectifs	26
III.4 Prospective des dépenses et des effectifs	29
III.5 Remarques générales contenues dans les réponses	34
CHAPITRE IV. RÉSUMÉS DES RAPPORTS DES COMMISSIONS	
IV.1 Chimie analytique	39
IV.2 Chimie minérale fondamentale	40
IV.3 Métallurgie	41
IV.4 Chimie organique générale et chimie organique physique	43
IV.5 Combustibles et explosifs; revêtements et détergents; matières colorantes	44
IV.6 Produits pharmaceutiques et substances naturelles	47

	<i>Page</i>
IV.7 Polymères; composés organométalliques et composés organiques non métalliques; etc.	49
IV.8 Papier et pâte à papier	52
IV.9 Textiles et cuir naturel	53
IV.10 Cinétique chimique—Catalyse et chimie des surfaces	54
IV.11 Thermodynamique, colloïdes et échange ionique	56
IV.12 Chimie nucléaire et radiochimie	57
IV.13 Électrochimie	58
IV.14 Chimie des hautes pressions et des hautes températures	60
IV.15 Structure moléculaire et chimie théorique	61
IV.16 Chimie agricole et alimentaire	64
IV.17 Biochimie	65
IV.18 Génie chimique	66
IV.19 Chimie et sciences de la Terre et domaines connexes.....	67
IV.20 Publications et services de documentation	70
CHAPITRE V. SECTEURS NÉGLIGÉS ET FACTEURS DE LIMITATION DE LA R ET D EN CHIMIE	
V.1 Remarques contenues dans les questionnaires	71
V.2 Remarques des commissions	72
CHAPITRE VI. CONCLUSIONS GÉNÉRALES	
VI.1 R et D industrielle	77
VI.2 Perspectives générales pour la R et D en chimie	79
VI.3 Caractères généraux de la R et D en chimie	81
VI.4 Encouragement de l'État à la R et D	82
ANNEXES	
I. Liste des abréviations	83
II. Mandat de la Commission	85
III. Membres du comité de direction	87
IV. Membres des sous-commissions	89
V. Classifications par sujets principaux, catégories de R et D de l'ICC et spécialités du Ministère de M et I	93
VI. Étude statistique; numéros et titres des tableaux	99
VII. Exemple de questionnaire	103

Liste des tableaux

TABEAU	
1 Réponses aux questionnaires	10
2 R et D interne en chimie. Dépenses courantes et sources de financement par secteurs de réalisation (1966 ou 1966-1967)	14
3 R et D interne en chimie. Dépenses courantes par année de scientifique ou équivalent de chercheur à plein temps, par secteurs de réalisation (1966 ou 1966-1967)	16
4 R et D interne en chimie. Dépenses en immobilisations et sources de financement par secteurs de réalisation (1966 ou 1966-1967)	17
5 R et D interne en chimie. Dépenses courantes et immobilisations, et sources de financement par secteurs de réalisation (1966 ou 1966-1967)	18

TABLEAU	<i>Page</i>
6 Pourcentage des dépenses de R et D interne en chimie. Dépenses courantes plus immobilisations, par sources de financement et secteurs de réalisation (1966 ou 1966-1967)	19
7 R et D interne en chimie. Dépenses courantes par genre de R et D. (Recherche fondamentale, appliquée et développement) par secteurs de réalisation (1966 ou 1966-1967)	20
8 R et D interne en chimie. Dépenses courantes par catégories et secteurs de réalisation (1966 ou 1966-1967)	22
9 R et D interne en chimie. Dépenses courantes par groupes principaux et secteurs de réalisation (1966 ou 1966-1967)	23
10 Dépenses des organismes fédéraux pour la R et D interne en chimie selon les principales branches de l'industrie (1966)	26
11 Besoins signalés en personnel, équipement et services d'informatique supplémentaires:	
A) dans l'industrie	27
B) dans les organismes publics englobés par le rapport	28
12 R et D interne en chimie. Travail accompli par les scientifiques et ingénieurs du secteur public et de l'industrie exprimé en années de scientifique (1966 ou 1966-1967)	29
13 Importance numérique et titres du personnel travaillant à la R et D interne en chimie.	
A) hors des universités ou des instituts, en «années de scientifique» 1966, et ..	30
B) dans les universités et les instituts en «Équivalents de chercheur à plein temps» (1966-1967)	30
14 Comparaison entre les pourcentages d'effectifs scientifiques et de dépenses courantes de R et D en chimie dans les secteurs de réalisation autres que les universités	30
15 R et D en chimie. Dépenses de fonctionnement réelles (1966 ou 1966-1967) et prévisions (jusqu'en 1970 ou 1971-1972) par secteurs de réalisation	31
16 R et D en chimie. Immobilisations et prévisions (jusqu'en 1970 ou 1971-1972) par secteurs de réalisation	31
17 R et D en chimie. Dépenses réelles (1966 ou 1966-1967) de fonctionnement et immobilisations, et prévisions (jusqu'en 1970 ou 1971-1972)	32
18 Dépenses totales prévues pour quatre ans de R et D en chimie, exprimées en pourcentages par secteurs de réalisations	33
19 Prévisions pour 1970 (ou 1970-1971) pour la R et D en chimie et comparaison avec les dépenses réelles de 1966 (ou 1966-1967) pour le personnel scientifique, par secteurs, disciplines et qualifications	36
20 Comparaison entre les dépenses de R et D exprimées en pourcentage de la valeur ajoutée, dans certaines industries en 1964, 1965 et 1966	37
21 Remarques ajoutées aux questionnaires renvoyés par les sociétés:	
A) Facteurs limitant l'efficacité et le nombre des travaux de R et D en chimie au Canada	72
B) Recommandations pour l'augmentation de l'efficacité et du nombre des travaux de R et D en chimie au Canada	73
22 Remarques ajoutées aux questionnaires renvoyés par les universités et instituts de recherches. Facteurs limitant la recherche	74
23 Remarques tirées des rapports des commissions:	
A) sur les catégories de R et D négligées—Personnel et installations	74
B) sur les besoins spécifiques en équipement important	76
24 Comparaison entre les dépenses de R et D interne des différentes industries de fabrication, et la valeur ajoutée par la fabrication; 1964	79

RÉSUMÉ DES PRINCIPALES RECOMMANDATIONS

La première partie de ce résumé présente les recommandations d'ordre général qui se dégagent de l'ensemble de l'étude sur la Recherche et le développement technique en chimie au Canada; la seconde partie énumère les principales recommandations des commissions.

Recommandations générales

1. Politique scientifique générale

Bien qu'ils ne soient pas nécessairement les seuls facteurs du développement économique ni même les plus importants, le niveau et l'orientation des activités de R et D y jouent néanmoins un rôle très important. Il ressort des nombreuses observations reçues au cours de l'étude dans le domaine assez large englobé par les rapports de la commission, ainsi que des données statistiques, qu'il existe un besoin évident pour une politique scientifique générale qui fixerait le niveau général et l'orientation des activités de R et D et en assurerait de temps à autre la révision.

En conséquence, la première des recommandations générales est la suivante: Il faut élaborer une politique scientifique générale qui délimite les objectifs nationaux en fonction de notre niveau de perfectionnement, de nos ressources naturelles, de notre milieu, de la santé et du bien-être économique désirables.

On n'envisage pas une planification détaillée allant jusqu'aux projets individuels, excepté quand l'un de ceux-ci occupe une place de premier plan dans le tableau général, ce qui est rarement le cas dans le domaine englobé par la présente étude. Toutefois, quand les objectifs nationaux sont clairement définis, les institutions et, jusqu'à un certain point, les individus peuvent en tenir compte dans la prévision de leurs travaux. De plus, la politique gouvernementale dans le domaine des subventions, des encouragements, des brevets, des impôts, des droits de douane etc. . . . peut être destinée autant qu'il est possible à encourager plutôt qu'à entraver la réalisation de ces objectifs nationaux.

2. Secteurs public, industriel et universitaire (y compris les instituts)

L'étude apporte de nombreuses preuves et reproduit les opinions selon lesquelles il existe un manque de coordination entre les trois secteurs qui s'occupent de la R et D en chimie au Canada.

En conséquence, notre seconde recommandation est la suivante: il faut introduire une plus grande souplesse et prévoir des échanges plus nombreux entre les trois secteurs public, industriel et universitaire.

Ceci suivra dans une grande mesure l'adoption de notre première recommandation générale; une action spécifique est toutefois nécessaire pour mettre à exécution cette seconde recommandation. L'objectif devrait être de tirer le plus grand avantage possible de tous les talents pour la recherche et l'invention présents au Canada, sans égard pour le secteur particulier où ils se trouvent. Voici quelques exemples de possibilités: consultations, échanges de personnel, établissement de postes de scientifiques-assistants («P.D.F.», ou docteurs ès sciences stagiaires) dans les secteurs public et industriel, afin d'encourager la recherche de complément dans leur domaine de spécialisation. En s'entourant des garanties et de la surveillance qui conviennent, on pourrait envisager des travaux de recherche hors de l'Université pour le candidat à un diplôme supérieur. On recommande en outre la création d'organismes ou de commissions de coordination dans les domaines de R et D représentés par les 20 commissions où il n'en existe pas encore. On estime que les industries devraient apporter un soutien plus important à la recherche fondamentale au sein de l'Université.

3. Caractère des travaux de R et D

Il ressort des statistiques et de l'opinion quasi générale que l'effort de recherche appliquée et de développement technique au Canada n'est pas suffisant comparé à la recherche fondamentale poursuivie par les organismes publics et les universités.

En conséquence, notre troisième recommandation générale est que l'effort actuel en recherche fondamentale soit poursuivi, mais que l'effort en recherche appliquée et en développement technique soit autant que possible porté au niveau du premier.

Ceci aussi devrait largement résulter de l'application de notre première recommandation; cependant, beaucoup pensent qu'une action spéciale est nécessaire. On estime que les encouragements actuels de l'État sont salutaires mais leur mode d'action et leur caractère échelonné semblent des facteurs limitatifs. On propose une participation industrielle plus importante aux décisions, un plus grand nombre de contrats directs entre le secteur public et l'industrie, moins de droits de douane et d'impôts sur les équipements de R et D utilisés dans l'industrie, une simplification des méthodes, et diverses autres mesures.

4. Recherche sous contrat et recherche conjointe

Les statistiques du B.F.S. montrent que la plus grande partie de la R et D est effectuée par les grandes sociétés au Canada, et que si les dépenses de R et D, comparées au P.N.B., sont plus faibles qu'aux États-Unis, c'est dû, en partie, à la taille plus petite des sociétés canadiennes. Il est important, par conséquent, qu'un effort spécial soit fait en vue de permettre aux sociétés peu importantes d'entreprendre des projets de R et D et de les y encourager.

Notre quatrième recommandation générale est donc que les associations de recherche conjointe et particulièrement les instituts de recherche sous contrat

du type conseil provincial, et tout autres organes, soient encouragés afin que les petites sociétés puissent participer aux R et D sans risques exagérés.

Ceci serait particulièrement intéressant dans les travaux de R et D en chimie où beaucoup de petits projets de recherche sont possibles qui, dans certains cas, apporteraient des profits élevés. Toutefois cette entreprise exige un personnel hautement spécialisé et un équipement complexe.

5. Concentration des efforts

Compte tenu, d'une part, de la limitation des fonds disponibles au Canada pour la R et D et d'autre part, du développement rapide de la recherche effective dans le secteur universitaire et dans une certaine mesure dans les organismes publics, de l'expansion rapide et de la complexité croissante de l'ensemble des sciences, il est à craindre que nos efforts de R et D ne se dispersent et ne se morcellent trop. De nombreux comités se sont préoccupés de cette question.

Notre cinquième recommandation est donc qu'au sein des organismes universitaires et publics s'occupant de R et D, on s'applique à créer des instituts multidisciplinaires ou des centres spécialisés afin d'éviter la dispersion des efforts.

Les comités recommandent la création d'un certain nombre de centres et d'instituts de ce genre. Chacun d'eux demande à être examiné selon l'intérêt qu'il présente en s'appuyant sur le rapport du comité correspondant.

6. Invention et innovation

Les recommandations précédentes s'appliquent à la R et D sans aucune restriction. Si un pays veut tirer le maximum de bénéfices de son programme de R et D, au point de vue du bien-être et de l'économie, il faut que le processus de l'innovation soit parachevé. Ceci veut dire que les efforts de R et D doivent conduire à des inventions qui doivent elles-mêmes être exploitées et commercialisées.

Si le Canada veut récolter tous les avantages possibles de son programme de R et D, il est indispensable d'encourager tous ceux qui sont associés à ce programme et de les aider à employer pleinement leurs facultés d'invention. Chaque progrès de la connaissance, même en science fondamentale, devrait être examiné comme pouvant conduire à une invention valable. Inversement, l'étude du marché devrait aider à découvrir les besoins nouveaux à satisfaire.

En conséquence, notre sixième recommandation est que tous les efforts doivent être faits au Canada en vue d'encourager la découverte dans les trois secteurs public, industriel et universitaire, y compris les instituts.

La création d'une atmosphère favorable à la découverte peut également découler de la mise en application de notre première recommandation. Toutefois, on pourrait entreprendre les démarches suivantes: élargissement des activités de la Société canadienne des Brevets et d'Exploitation, limitée, octroi d'une aide aux professeurs d'université et à tous ceux qui ne sont pas soutenus par un organisme commercial, pour la demande et l'obtention de brevets, et enfin, don

de subventions plus importantes aux universités et autres établissements pour favoriser les travaux de R et D en sciences appliquées.

7. Secteurs négligés

Aux termes de son mandat, le comité d'étude était chargé de découvrir toute lacune importante dans la structure des travaux de R et D en chimie au Canada et cette idée a guidé l'examen des statistiques et l'élaboration des études séparées exécutées par les comités.

Les comités et les personnes ayant répondu aux questionnaires font état d'un certain nombre de secteurs dans lesquels le besoin d'une augmentation de l'effort de R et D et d'un accroissement de personnel et d'installations spécialisés se fait sentir. Ces questions sont résumées aux chapitres III et V. Chaque cas devrait être étudié en fonction à la fois des secteurs étudiés par le comité pertinent et de la politique scientifique générale prévue dans notre première recommandation générale.

Notre septième recommandation est donc qu'il y a lieu de prendre en considération les catégories de R et D négligées et de mettre à leur disposition du personnel et des installations spécialisés, en fonction des secteurs étudiés par le comité pertinent et de la politique scientifique générale.

8. Plans d'encouragement de l'État

Les rapports des comités et les correspondants touchés par l'étude statistique s'accordent généralement pour reconnaître que les plans actuels d'encouragement de l'État ont été utiles. Toutefois, on affirme qu'on pourrait les rendre plus efficaces en modifiant leurs conditions d'application.

Notre huitième recommandation générale est donc que les plans actuels d'encouragement de l'État à la recherche soient revus pour en augmenter l'efficacité.

Les principales objections proviennent de leur concentration sur la recherche échelonnée, la nécessité de divulguer des renseignements de valeur commerciale et la nécessité de faire connaître les possibilités de fabrication et d'exportation, etc. On recommande la conclusion de contrats directs entre les organismes publics et l'industrie.

9. L'avenir de la R et D en chimie

La plupart des commissions ont signalé qu'il fallait réaliser un plus grand nombre de travaux de R et D dans leurs domaines particuliers et que dans certains cas il faudrait augmenter les effectifs. Cependant, les taux d'augmentation de la R et D prévus par la plupart des correspondants des secteurs industriel et public sont très faibles.

On aurait pu soutenir autrefois que le réservoir de personnel disponible n'aurait pas suffi à répondre aux besoins, même considérables, des nouveaux programmes de R et D des secteurs public et industriel. Cependant, comme on le montre dans le chapitre III.4 et le chapitre VI.2, les possibilités de formation

au niveau du doctorat suffiraient à combler les besoins d'une expansion de la R et D plus rapide que ne l'ont prévu les correspondants des secteurs industriel et public.

Il apparaît donc clairement qu'on rencontrera des difficultés à équilibrer l'offre et la demande de main-d'œuvre dans le domaine de la R et D en chimie. L'étude de ce problème sort du cadre du mandat de la Commission.

Notre neuvième recommandation, et c'est peut être la plus importante, se trouve liée à toutes les précédentes: *il faut entreprendre une enquête minutieuse sur l'équilibre de la formation et de l'emploi du personnel de recherche*. Toutes les techniques d'analyse des systèmes devraient être mises en œuvre pour aider à résoudre ce problème.

Recommandations des Comités

Les recommandations du Comité d'étude ont été de deux sortes: i) celles qui se rapportaient spécialement au secteur étudié par le comité considéré; ii) celles qui dépassaient le cadre du domaine propre à chaque comité.

Ces recommandations sont résumées ci-dessous dans leur ordre de fréquence (entre parenthèses). On trouvera au chapitre V une énumération plus détaillée concernant les secteurs qu'on considère négligés, en matière d'effort, de personnel ou d'équipement.

- i) Recommandations touchant directement au mandat du comité, avec leur fréquence (entre parenthèses):
 - Une meilleure formation au 1^{er} cycle (sous-gradué) (17)
 - Création d'un Institut de recherche (18)
 - Importante augmentation des travaux de R et D (7)
 - Plus de recherche universitaire (7)
 - Création de centres spécialisés (6)
 - Plus d'études supérieures (6)
 - Plus de chaires universitaires (6)
 - Création de centres comportant des installations ultramodernes, pouvant être loués (4)
 - Encouragement de la production commerciale (4)
 - Installation de plus grands ordinateurs (3)
 - Plus d'importance aux produits organiques synthétiques (2)
 - Établissement d'un organisme central d'information (2)

- ii) Recommandations destinées à s'appliquer d'une façon générale et non seulement dans le domaine étudié par chaque comité:
 - Un accroissement de l'effort de recherche appliquée et de développement technique, en visant plus particulièrement des objectifs canadiens (13)
 - Augmentation des subventions de l'État (11)

- Augmentation de l'encouragement à la recherche industrielle, en particulier à la recherche non échelonnée (10)
- Plus de contrats directs entre les organismes publics et l'industrie et plus de subventions (7)
- Plus de recherche en groupe ou en coopération (5)
- Réorganisation de la recherche universitaire en fonction des besoins canadiens (3)
- Plus de R et D dans l'industrie (3)
- Plus de consultants universitaires dans l'industrie (2)
- Renforcement du régime des brevets (2)
- Octroi par les universités de grades supérieurs pour la recherche des secteurs public et industriel (2)
- Des subventions de la CCEA et de l'ÉACL aux universités (2)

Il convient de remarquer que toutes les recommandations générales ne s'appliquent pas à chacun des domaines étudiés par les comités. Par exemple les comités n° 5, 16 et 19 recommandent d'intensifier la recherche dans les organismes publics plutôt que la recherche industrielle ou universitaire au sujet des combustibles, de la chimie alimentaire et de la géochimie.

Chapitre I

LE RÔLE DE LA CHIMIE

I.1 La chimie et les autres sciences

La chimie fait partie des sciences physiques. Comme telle, elle est en rapports étroits avec la physique d'une part, les sciences de la vie et de la Terre d'autre part.

Un trait caractéristique de la chimie est qu'elle part du niveau de la molécule et de là s'étend dans de nombreuses directions. Afin d'expliquer les propriétés des molécules, de déterminer leurs structures et de comprendre comment elles réagissent les unes sur les autres, il était nécessaire de s'occuper des composants de la molécule et des atomes. Dans l'autre sens, afin de comprendre la nature des minéraux et des substances organiques naturelles à poids moléculaire élevé, il était nécessaire d'étudier comment les molécules ou leurs composants peuvent s'associer pour former des cristaux et des macromolécules. Parmi ces dernières se trouvent des composés extrêmement différents tels que les polymères qui sont les principaux constituants des matières plastiques modernes, et les acides nucléiques qui sont les supports du code génétique déterminant l'hérédité.

Les études sur les propriétés des molécules formées à partir d'atomes des éléments chimiques conduisirent Mendéléiev à présenter en 1869 son tableau périodique basé sur l'hypothèse d'un principe structural pour tous les éléments. La découverte de l'électron par les physiciens, et le concept de la structure atomique consistant en un noyau autour duquel gravitent des électrons, fournirent une explication au tableau périodique de Mendéléiev. Les chimistes ont rapidement tiré parti de cette hypothèse et des modèles atomiques qui ont suivi, et depuis ce moment la physique et la chimie n'ont cessé de réagir l'une sur l'autre pour leur plus grand bénéfice mutuel.

Bien que le physicien ne s'intéresse pas autant que le chimiste à l'analyse, la structure moléculaire et la synthèse, il s'occupe du rayonnement et de ses rapports avec la matière. L'exploration systématique des spectres électromagnétiques et de leurs rapports avec la matière a constitué le sujet d'études ininterrompues. On a trouvé dans de nombreux cas que les spectres obtenus s'expliquaient par la structure atomique et moléculaire du matériau émetteur, ce qui intéressait au premier chef le chimiste. Il en est résulté de nouveaux échanges productifs, le chimiste utilisant toujours davantage les méthodes du physicien et le physicien élaborant des techniques de plus en plus précises et judicieuses.

Des analyses, des déterminations de structure de molécules et de cristaux qui exigeaient autrefois énormément de temps ou étaient irréalisables avec les

méthodes de la chimie, peuvent maintenant être exécutées très rapidement à l'aide de méthodes physiques. La synthèse de substances naturelles ou de composés nouveaux inconnus dans la nature peut être conduite à l'aide de méthodes physiques qui, par leur extrême rapidité, étendent largement le domaine de la chimie.

Cette interaction entre chimie et physique a donné naissance à des disciplines dérivées connues sous le nom de «chimie-physique» et de «physique chimique». Ni l'une ni l'autre n'est une science interdisciplinaire, car la première est avant tout chimique et la seconde avant tout physique. De même il existe une chimie nucléaire et une physique nucléaire, une radiochimie et une physique des rayonnements.¹

L'aptitude du chimiste à l'analyse, à la synthèse et à l'élaboration des réactions chimiques a eu pour résultat d'étendre le rôle de la chimie à toutes les sciences de la vie et de la Terre par l'intermédiaire respectivement de la chimie organique et de la chimie minérale.

La biochimie, qui lie la chimie à la biologie et par suite à la médecine, cherche à donner une explication chimique des processus vitaux. Tout d'abord de telles explications parurent impossibles à beaucoup d'esprits, mais la synthèse de l'urée obtenue par voie chimique en 1828 par Wohler dissipa les doutes. La biochimie constitue aujourd'hui un important champ d'investigation.

Il existe de nombreux liens entre la chimie et les sciences de la Terre. La chimie minérale est en rapport étroit avec l'étude des cristaux et par elle avec la minéralogie et la géologie. Il existe également une science, la géochimie, qui aide à la classification des formations géologiques et à la localisation des gisements de minerais à l'aide de méthodes chimiques.

Une autre preuve du vaste champ d'application de la chimie dans les autres sciences est donnée par le fait que le nombre d'étudiants appartenant à d'autres disciplines mais suivant les cours des professeurs de chimie dépasse souvent le nombre des propres élèves de ceux-ci.

Dans la présente étude, qui porte non seulement sur la chimie mais sur un certain nombre de disciplines connexes, il a été quelquefois difficile de décider exactement ce qui devrait être inclus ou non. Le Secrétariat des sciences préfère en général que les rapports empiètent quelque peu sur leurs domaines respectifs plutôt que de laisser des lacunes, surtout si les empiètements sont faciles à déceler. Deux façons de procéder étaient possibles: la première consistait à ne considérer que la R et D réalisés par des chimistes et des ingénieurs-chimistes; la deuxième à estimer que la R et D relevait du domaine de la chimie toutes les fois qu'un résultat ou une explication chimiques étaient recherchés. La première paraissait mal convenir aux conditions modernes de la recherche exigeant la

¹ Nous n'avons pas éprouvé trop de difficultés au cours de cette étude pour distinguer le domaine de la chimie de celui de la physique ni pour éviter d'empiéter sur l'étude similaire de la physique. Nous y sommes parvenus en grande partie grâce aux soins apportés à l'établissement des listes d'adresses pour l'envoi des questionnaires; en dehors de la rédaction des questionnaires et des directives, le champ a été laissé libre aux commissions et aux correspondants renvoyant les questionnaires. En général, la nature et les objectifs des travaux déterminaient le choix, plutôt que la spécialisation du chercheur.

réunion de spécialistes de nombreuses disciplines pour l'exécution d'un projet. C'est pourquoi nous avons choisi le second critère pour cette étude et d'une façon générale nous avons attaché plus d'importance aux objectifs visés par les travaux qu'à la formation de ceux qui les exécutaient.

I.2 Chimie et génie

À l'origine, le génie s'occupait principalement des applications de la physique aux problèmes civils et militaires. Toutefois, avec l'apparition et le développement des industries chimiques et parachimiques, il devint nécessaire d'avoir des ingénieurs capables de concevoir, de construire et de faire fonctionner l'outillage de synthèse et de traitement chimique, à la fois à l'échelle de l'usine-pilote et de la production. Le contact étroit des ingénieurs-chimistes avec l'industrie les amena à s'intéresser à l'amélioration des réactions chimiques et à l'élaboration de produits nouveaux. Dans un laboratoire, le travail de l'ingénieur-chimiste peut ne pas différer beaucoup de celui du chimiste, sauf que l'ingénieur s'intéresse davantage aux buts et aux applications pratiques. C'est l'ingénieur-chimiste qui assure généralement la plupart des responsabilités à l'échelle de l'usine-pilote et de la production.

Le développement du génie chimique en tant que discipline indépendante a été plus prononcé aux États-Unis qu'en Europe; au Canada on a suivi une voie intermédiaire.

Étant donné que la présente étude s'intéressait à la recherche appliquée et au développement technique aussi bien qu'à la recherche fondamentale, on s'est efforcé d'embrasser toutes les activités de R et D en génie chimique dans tous les domaines des commissions et non seulement celles qui concernaient le génie chimique en lui-même.

I.3 Chimie et métallurgie

La plupart des processus d'extraction des métaux de leurs minerais ou d'autres sources, comportent des réactions chimiques. La discipline qui englobe ces processus se nomme généralement «métallurgie extractive». Toutefois, certains aspects de l'extraction, habituellement les premiers stades de l'enrichissement du minerai, sont en grande partie tributaires de procédés physiques.

La «métallurgie physique» s'occupe des propriétés et de la fabrication des métaux, de l'étude des alliages, de l'adaptation des exigences de structure et de rendement selon les propriétés des métaux. Elle englobe à la fois les propriétés «physiques» et «chimiques» des métaux, car elle ne s'intéresse pas seulement à des concepts purement physiques (propriétés thermiques et électriques, résistance, etc.) mais aux réactions à l'état solide, aux composés métalliques etc. Même la «physique des métaux» n'est pas dépourvue d'aspects chimiques.

La métallurgie physique est de plus en plus classée dans le secteur plus général de la «science des matériaux» qui embrasse tous les matériaux, leurs diverses applications et fabrications.

La corrosion des métaux, qui est un processus fondamentalement chimique, est généralement l'affaire de l'électrochimie.

I.4 Chimie et médecine

La chimie est liée à la recherche médicale par l'intermédiaire de la biochimie et d'autres disciplines connexes telles que la pharmacologie, la pharmacie, la chimie pharmaceutique et la chimie des aliments. Les pharmacologues étudient les effets des médicaments sur l'organisme humain. Les chimistes-pharmaciens découvrent les nouveaux médicaments et s'occupent de la fabrication des médicaments. Les pharmaciens s'occupent de la précision et de la sécurité des ordonnances. Les chimistes en produits alimentaires étudient la valeur et les besoins alimentaires. Il est évident que ces disciplines sont principalement à base de chimie mais elles sont en rapport étroit avec la médecine et les résultats finaux de la R et D dans ces domaines constituent des progrès pour le domaine médical et sont accompagnés souvent d'une expansion de l'industrie des produits chimiques.

I.5 Chimie et agriculture

La chimie agricole étudie le processus de croissance des plantes cultivées, du point de vue chimique, et cherche à appliquer les connaissances à l'amélioration du rendement et de la qualité des récoltes. Sans les engrais chimiques et les insecticides, même des pays techniquement avancés ne parviendraient pas à nourrir leurs populations croissantes. La chimie aide aussi d'autres branches de la recherche agricole. Par exemple, des méthodes modernes d'analyse chimique, telle que la chromatographie en phase gazeuse, permettent l'analyse d'échantillons minuscules pouvant être prélevés sur les graines sans affecter leur aptitude à vivre; on peut ainsi accélérer considérablement la sélection botanique.

I.6 Chimie et géologie

À l'origine, la recherche chimique s'occupait principalement de l'analyse minérale, surtout des minéraux trouvés dans la nature. Par la suite, on a utilisé les études sur l'équilibre des phases, reposant en grande partie sur des techniques et des principes chimiques, pour étudier les relations entre les minéraux ainsi que leur synthèse. Ces études se poursuivent et reçoivent l'appui de méthodes physiques telles que la diffraction des rayons X. Plus récemment, de nouvelles méthodes d'analyse permettant de déceler et d'identifier des traces infimes d'éléments chimiques ont pu être appliquées avec succès à la découverte et à la classification des structures géologiques. C'est dans ce sens que s'est développée la géochimie, sous forme de discipline indépendante.

I.7 Chimie et industrie

Le chimiste, et plus tard l'ingénieur-chimiste, ont toujours été intimement associés à l'industrie. Pendant de nombreuses années la contribution apportée à l'industrie par la physique se plaçait sur le plan technique; en conséquence, à cette époque, la physique de laboratoire était la plupart du temps introduite dans l'industrie par des chimistes. Avec l'avènement de l'électronique et des industries du même ordre, la situation a changé et le nombre des physiciens entrant dans l'industrie augmente de plus en plus.

Quand on parle de chimie à propos d'industrie, il convient de distinguer l'industrie chimique et des produits chimiques et l'industrie parachimique. Dans le premier groupe, les produits chimiques sont obtenus par synthèse ou à partir de matériaux qui ont généralement très peu de ressemblance avec les produits définitifs, tandis que dans l'industrie parachimique, des méthodes et des techniques chimiques sont ordinairement utilisées pour modifier les propriétés d'un produit naturel brut en vue de le rendre propre à l'utilisation.

Si l'on empruntait la classification des industries utilisée par le Bureau fédéral de la Statistique pour la R et D,² les industries chimiques et des produits chimiques seraient représentées par les «Produits pharmaceutiques et médicaments» et «autres produits chimiques»; les industries parachimiques pourraient comprendre des rubriques telles que «Aliments et Boissons», «Caoutchouc», «Textiles», «Papier», «Produits minéraux non métalliques» et «Produits pétroliers».

Sur cette base, les dépenses courantes préliminaires de R et D interne pour 1966 que le BFS rapporte pour la chimie et les produits chimiques d'une part, et les industries parachimiques d'autre part, auraient été de 33.2 millions et 46.4 millions de dollars, c'est-à-dire respectivement 14.3% et 20.0% des dépenses de R et D pour l'ensemble des industries de transformation; ensemble, elles représentent 34.4% de ces dépenses.

De plus, les industries minières et quelques autres qui ne sont pas considérées comme des industries chimiques font des dépenses courantes de R et D interne que le BFS considère comme étant du domaine de la «chimie et du génie chimique» et qui s'élèvent à 6.6 millions de dollars.

Les industries des métaux de première fusion entrent généralement dans le groupe des industries métallurgiques plutôt que dans celui des industries parachimiques. Leurs dépenses de R et D pour 1966 étaient de 14.4 millions de dollars soit 6.2% du total de R et D de toutes les industries de transformation, tandis qu'en 1965 les dépenses des industries minières et autres s'élevaient à 8.2 millions pour la R et D consacrées à la métallurgie.

Il est donc évident que la chimie et les disciplines connexes sont largement répandues dans l'industrie et constituent une part importante des dépenses courantes de R et D interne effectuée par l'ensemble des industries, et que l'on peut évaluer approximativement à 45%.

I.8 La chimie et la société

En raison des réalisations spectaculaires de la physique, il est habituel de qualifier notre époque d'ère atomique et d'envisager les terribles problèmes que ces découvertes posent à la société. La chimie a eu elle aussi une influence importante sur la société.

La contribution que la chimie a apporté à la science, c'est-à-dire à la compréhension par l'homme de sa personne et de son milieu physique, lui a permis de ne plus dépendre comme jadis des produits tels qu'ils sont offerts par

² BFS 13-527 «Dépenses industrielles pour la recherche et le développement technique au Canada en 1965».

la nature; la chimie lui fournit aussi dans une large mesure nourriture, vêtements, abri et santé.

Les progrès de la connaissance dans le domaine de la chimie, particulièrement ceux des cent dernières années, ont aussi constitué une féconde aventure intellectuelle pour l'homme. La chimie organique, par exemple, en arrivant par une voie exclusivement chimique à établir la structure d'un très grand nombre de composés, a permis de les classer. Les méthodes modernes de la physique ont permis d'étudier matériellement ces structures de façon plus subtile mais elles ont également confirmé les idées émises par les chimistes.

Si la tendance actuelle persiste, particulièrement dans le domaine de la recherche biochimique sur les codes génétiques et les sujets similaires, les chimistes poseront probablement à l'humanité des problèmes semblables à ceux qui découlent des progrès de la physique. La connaissance et l'utilisation de ces phénomènes peuvent largement profiter à la société ou la mettre en danger suivant l'usage qui en sera fait.

Dans un domaine plus terre-à-terre, tous les problèmes de pollution que l'on rencontre actuellement touchent à la chimie. Depuis des millénaires, l'homme s'est adapté à un certain milieu ambiant, et de brusques modifications dans cet entourage pourraient avoir des conséquences graves. On s'est même inquiété des conséquences possibles d'une diminution de la teneur en oxygène de l'atmosphère par suite de la combustion importante de produits pétroliers. Les insecticides, les dégagements de gaz et autres produits chimiques peuvent polluer l'air, l'eau, les aliments, etc. La chimie est la source de ces problèmes mais elle peut en même temps y donner une solution, grâce aux analyses ou autres techniques. Au Canada, on a accompli dans ce sens un effort digne d'éloge. Les industries parachimiques de la région de Sarnia ont créé et subventionné un réseau de lutte contre la pollution de l'air et de l'eau. Il en est résulté que le développement des industries chimiques dans cette région s'est accompagné, non d'une augmentation, mais d'une diminution de la pollution de l'air et de l'eau.

Chapitre II

ORGANISATION DE L'ÉTUDE

II.1 Origine et mandat de la commission

La présente Étude trouve son origine dans un contrat entre le Secrétariat des sciences auprès du Bureau du Conseil Privé et l'Institut de Chimie du Canada (ICC).

D'après les stipulations du contrat qui sont données à l'Annexe n° II, l'ICC devait présenter un rapport sur la recherche en chimie au Canada, du double point de vue de la recherche et du développement technique d'une part, de la main-d'œuvre d'autre part. La première analyse devait s'appuyer sur une étude d'ensemble exécutée par l'Institut, et la seconde sur le relevé de la main-d'œuvre exécuté par le Ministère fédéral de la Main-d'œuvre et de l'Immigration.

On a donné une définition bien vaste du terme «recherche en chimie» et cette définition a été encore étendue d'accord avec le Secrétariat. Ce dernier préférait qu'il se produise un certain chevauchement entre les rapports des différentes commissions prévues plutôt que de risquer des lacunes, surtout si l'on pouvait délimiter les secteurs communs. L'étude devait embrasser toute recherche, qu'elle soit fondamentale, appliquée, ou qu'elle prenne la forme de développement technique, réalisée en tout endroit au Canada.

II.2 Limites et subdivisions

Dès le début de l'étude il a été nécessaire de décider de son étendue et de ses limites, afin que l'on puisse délimiter des secteurs pour l'étude statistique et pour les commissions qui auraient à faire l'étude spéciale d'un domaine de recherche particulier.

On aura vu, à la suite de l'exposé du chapitre I sur la nature de la chimie et ses relations étroites avec d'autres disciplines, que toute décision concernant la classification serait quelque peu subjective. En accord avec le personnel du Secrétariat, il a été décidé de délimiter l'étude et ses subdivisions en se fondant principalement sur la Classification des spécialisations (1966) de la *National Science Foundation* (N.S.F.) mais d'utiliser les numéros de code déjà adoptés pour le relevé du Ministère de la Main-d'œuvre et de l'Immigration, ainsi que quelques-uns des numéros de code des grandes divisions utilisés par le Conseil national de recherches.

Les raisons favorisant l'adoption d'une classification très semblable à celle de la N.S.F. étaient les suivantes: elle était utilisée pour le relevé du Ministère de M. et I.; elle est utilisée dans la plupart des études américaines avec

lesquelles des comparaisons pourraient être nécessaires, et elle est, dans une certaine mesure, utilisée à l'échelle internationale, en particulier par l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE). Toutefois, on a constaté au moment de son adoption qu'elle présentait quelques insuffisances, surtout pour une étude détaillée comme celle-ci. Par exemple, certaines catégories ne s'excluaient pas et manquaient d'une base systématique, en particulier en chimie minérale.

De plus, les exigences d'une classification sont différentes suivant qu'elle concerne la main-d'œuvre ou la R et D. La main-d'œuvre est plus mobile que la documentation. Par exemple, un chimiste qui effectue des recherches sur la chaux pourraient être affecté à des recherches sur le gypse sans aucune difficulté, mais la documentation concernant les recherches sur la chaux n'aurait que peu ou point d'utilité pour le gypse. Pour assurer la spécificité requise, il faudrait établir un très grand nombre de catégories, mais il serait difficile de les définir en les distinguant nettement les unes des autres; là réside une des difficultés fondamentales de cette étude. Une certaine résistance serait offerte par les correspondants, en particulier dans l'industrie où la recherche est hautement concurrentielle. Dans l'ensemble on a dû accepter une certaine ambiguïté dans certains secteurs, quoique la classification se soit révélée très utile.

La classification complète est donnée à l'annexe n° V. Grâce à elle, l'ensemble des matériaux de l'étude est réparti en domaines principaux, réparti entre les commissions, classé en catégories de R et D de l'ICC et spécialités du Ministère de la M. et I.

La classification dont il vient d'être question met l'accent sur l'envergure de cette étude. Une définition plus étroite de la «recherche en chimie» aurait pu exclure la métallurgie, l'agriculture, la chimie des aliments, la biochimie, les sciences de la Terre et les domaines qui s'y rattachent, et même le génie chimique.

Dans le même ordre d'idées, une remarque doit être faite à propos de la biochimie et de la métallurgie. Presque tous les départements de biochimie des universités canadiennes font partie des facultés de médecine et au même moment, ils faisaient l'objet d'une étude dirigée par le Conseil des recherches médicales. Ce dernier organisme a collaboré avec la Commission de biochimie et a fourni la plupart des données sur lesquelles le rapport de cette dernière s'est appuyé. Réciproquement, dans l'étude statistique de l'ICC, les renseignements concernant la biochimie ont été isolés afin que cette documentation puisse être fournie pour l'étude sur la biologie du Conseil des sciences, en particulier en ce qui concerne la R et D en biochimie dans l'industrie.

Dans le cas de la métallurgie, on s'était efforcé initialement de limiter l'étude aux aspects chimiques du sujet. Toutefois, on n'a pu utiliser cette méthode pour le questionnaire, car sur deux sociétés faisant à peu près les mêmes sortes de R et D, l'une aurait pu considérer que ses recherches sortaient du cadre de notre étude, alors que l'autre aurait pu faire mention de la totalité. En conséquence, on a prié les sociétés d'inclure tout ce qui concerne la recherche et le développement métallurgique à l'exception de l'élaboration des métaux.

Même ainsi, en dépit d'une plus ample définition, nous croyons qu'il n'a pas été fait mention d'une partie de la R et D en métallurgie.

II.3 Structure de l'étude

L'étude de la R et D en chimie, telle qu'elle a été définie en gros à la section précédente, a été effectuée par 20 commissions formées dans ce but, grâce à une étude statistique des réponses aux questionnaires.

Commissions

Les présidents des 20 commissions, nommés par le Comité de direction, ont été priés de choisir leurs membres: une liste complète de ces derniers est donnée à l'annexe n° IV. Le chapitre IV présente de brefs résumés des rapports des commissions dont les textes in extenso ont été déposés au Conseil des sciences ainsi que tous les documents, exposés et autres qu'il était impossible de faire figurer ici par souci de concision.

Les présidents des commissions avaient le choix des méthodes à utiliser, qui ont varié selon le domaine étudié. Elles comportaient, dans des proportions variables, des questionnaires, des visites, des auditions de témoins et des demandes de renseignements.

Étude statistique

Les questionnaires, en anglais et en français, ont été envoyés aux ministères, aux sociétés industrielles, aux conseils provinciaux de recherche et fondations, aux départements des universités et aux instituts sans but lucratif. Dans le but d'étudier l'industrie, on a englobé les conseils provinciaux de recherche et fondations (dont la R et D est fondamentalement industrielle) avec les sociétés industrielles mais pour qui on pouvait établir des totaux séparés.

On mit au point un questionnaire pour unité fonctionnelle destiné aux autorités administratives ainsi qu'un questionnaire pour projet à distribuer aux organismes publics. Ces questionnaires pour projet demandaient que les renseignements soient fournis sur la base d'un projet, en utilisant les catégories du Ministère de M. et I. et de la N.S.F. décrites ci-dessus et qui étaient au nombre de 193. On espérait pouvoir utiliser les mêmes questionnaires pour les sociétés industrielles et les universités. Cependant, après discussion avec les représentants de l'Association canadienne des fabricants de produits chimiques (C.C.P.A.) il apparut que l'utilisation de deux questionnaires et d'une classification détaillée des projets seraient inacceptables en raison des risques de divulgation de renseignements confidentiels. Un seul questionnaire fut donc établi pour les sociétés, utilisant seulement 32 catégories étiquetées «catégories de R et D de l'ICC» et définies par les catégories du M. et I. (N.S.F.). Un seul questionnaire basé sur ces mêmes 32 catégories fut également établi à l'usage des universités et des instituts.

C'est la Section des enquêtes sur les activités scientifiques de la Division des Finances des entreprises du Bureau fédéral de la statistique qui fut chargée d'expédier les questionnaires aux industries et aux organismes publics ainsi que de recevoir les réponses et de les transmettre à l'Institut de Chimie du Canada,

utilisant pour ce faire la liste d'adresses habituellement employée pour ses études périodiques des dépenses de R et D dans ces secteurs. L'Institut de Chimie du Canada s'occupa d'établir la liste d'adresses pour les questionnaires à envoyer aux universités et aux instituts, d'après différentes sources dont les annuaires, puis il procéda à l'expédition et au dépouillement des réponses.

L'examen de l'ensemble des réponses fut assuré par un expert rémunéré (qui a également procédé à l'analyse des données) en collaboration avec le personnel de l'Institut; le directeur de l'Étude et le personnel de l'Institut ont également correspondu et discuté avec ceux dont les réponses nécessitaient des explications ou des renseignements complémentaires. D'après un accord avec le C.C.P.A., les réponses des industries furent examinées par une commission restreinte nommée par le Secrétariat des sciences et tenue au secret et après avoir attribué un code aux réponses, on supprima les noms des sociétés avant de soumettre les données à l'informatique.

On établit en tout cinquante-cinq tableaux de statistiques à partir de ces réponses; ils furent envoyés aux commissions; on en trouvera la liste à l'annexe n° VI.³

Le traitement des données subit des retards imprévus. Pour cette raison, ces tableaux se sont révélés généralement moins utiles que les commissions ne l'avaient espéré, d'autant plus qu'elles avaient tendance, dans certains cas, à donner une envergure plus large aux catégories du Ministère de M et I que ceux qui répondaient aux questionnaires.

Tableau n° 1.—Réponses aux questionnaires

	Organismes fédéraux et provinciaux	Sociétés conseils et fondations provinciaux	Universités et instituts	Total	%
Nombre total de questionnaires envoyés	36	440	202	678	
Pourcentage de réponses	69,4	79,8	76,8		78,3
Étendue du relevé ^a	95%	99%	88%		95%

^a Proportion des dépenses effectives de R et D en chimie dans chaque secteur, dont les questionnaires renvoyés rendent compte.

Le tableau n° 1 donne les pourcentages de réponses aux questionnaires. Il est à remarquer que l'étendue du relevé est beaucoup plus forte que le pour-

³ En vue de remplir son mandat dans le domaine de la main-d'œuvre, la commission avait prévu l'utilisation des données concernant la main-d'œuvre fournies par l'étude de main-d'œuvre du Ministère de M. et I. pour permettre une vérification approximative des données fournies par l'étude de l'ICC. Cependant, les données du Ministère ne sont pas parvenues à temps pour qu'on puisse mener ce travail à bien.

centage des réponses. On a obtenu un pourcentage élevé de réponses en accordant un délai d'environ 4 mois ½ avant de commencer le traitement des données, délai pendant lequel de nombreuses lettres de rappel et coups de téléphone ont contribué à assurer les réponses.

Les retards subis par les réponses étaient dûs dans bien des cas au nombre de questionnaires du même genre envoyés à la même époque et à l'urgence d'autres travaux, en particulier le début de l'année scolaire pour les universités.

C'est dans les universités et les instituts que le pourcentage a été le plus faible. Par la suite on a procédé à un rajustement des données pour tenir compte des universités n'ayant pas répondu en se basant par exemple sur leur nombre d'étudiants diplômés travaillant à des projets englobés par l'étude, puis en le comparant avec celui d'institutions similaires rapportant des travaux de R et D.

Auditions, exposés et observations

Les membres de l'ICC désirant présenter des exposés avaient été invités à le faire à une réunion du Comité de direction le 8 juin 1967, au cours de laquelle un mémoire fut présenté, sous la forme du résumé d'un exposé plus détaillé: «Une politique canadienne de recherche et de développement technique» qui avait été soumis au Ministère de l'Industrie en janvier 1967 par *The Engineering Institute of Canada*. Il demandait le renforcement de la technologie en génie chimique par un soutien prioritaire des écoles d'ingénieurs et le transfert progressif de la recherche subventionnée du gouvernement à l'industrie.

Un second mémoire, recommandant une forte augmentation des travaux de R et D en verrerie et en céramique fut présenté par la *Canadian Ceramic Society*.

Ces deux mémoires ont été déposés et classés au Conseil des sciences.

Les questionnaires envoyés aux sociétés et aux organismes publics ont donné lieu à des observations sur les travaux de R et D au Canada et les réponses sont examinées au chapitre V.

II.4 Définitions

D'une manière générale, on a utilisé les définitions, la présentation et la nomenclature utilisées par le Bureau fédéral de la statistique. Il en résulte que tous les frais généraux et les dépenses des services d'entretien seront compris dans les dépenses courantes, mais non les amortissements et dépréciations d'actifs.

Le groupe d'étude signale en particulier les définitions suivantes concernant les différents types de recherche:

Recherche fondamentale, recherche appliquée et développement technique. La recherche est le processus grâce auquel on obtient une meilleure compréhension d'un phénomène et on élabore de nouveaux concepts à son sujet. *La recherche fondamentale* est entreprise avant tout dans le but de faire progresser les connaissances scientifiques sans objectif pratique particulier (la recherche fondamentale orientée, qui est une recherche dirigée vers un certain secteur afin de permettre des

progrès technologiques ou scientifiques plus rapides est également englobée dans la recherche fondamentale). La *recherche appliquée* est entreprise en vue d'une application pratique précise. Le *développement technique* est l'utilisation des résultats de la recherche scientifique pour l'amélioration des matériaux, des appareils, des produits, des techniques existantes ou encore pour l'élaboration de nouveaux matériaux, appareils, etc.

On notera que la définition du développement technique est très large car elle inclut les expériences de laboratoire, et que de coutume il ne s'agit que d'activités à l'échelle commerciale ou semi-commerciale.

Le groupe s'est efforcé de limiter le relevé à la véritable R et D en se fondant principalement sur l'objectif des travaux plutôt que sur les moyens employés. Par exemple, des travaux d'analyse courants n'ont pas été considérés comme R et D sauf s'ils entraient dans le cadre d'un projet de R et D ayant un objectif touchant directement les domaines énumérés ci-dessus. Par contre, l'élaboration de nouvelles méthodes d'analyse serait considérée comme de la R et D en chimie analytique.

Le groupe a prié chaque organisme englobé dans le relevé de répartir ses travaux de R et D suivant les catégories du Ministère de la Main-d'œuvre et de l'Immigration énumérées à l'Annexe V ou pour les industries, les universités et les instituts selon les 32 groupes de catégories de R et D de l'ICC. Le relevé de ce dernier se limitait aux travaux internes de R et D ou aux travaux exécutés dans le sein de l'organisme intéressé.

Par ailleurs on a suivi les définitions et les méthodes du Bureau fédéral de la statistique; par exemple on a demandé de ne pas faire état des dépréciations et amortissements des actifs.

Chapitre III

ÉTUDE STATISTIQUE

L'exposé du présent chapitre se fonde principalement sur les tableaux de données provenant de l'Étude statistique de la R et D effectuée par l'ICC dans les secteurs public, industriel et universitaire.⁴

À moins d'indications contraires dans le texte, les légères différences apparaissant entre les totaux des tableaux du chapitre 3 et les données de la Section de relevé statistique auprès du Conseil des sciences sont dues à l'arrondissement de certains chiffres et à l'addition de données parvenues ultérieurement.

III.1 Répartition des dépenses de R et D

A. Par secteurs de réalisation et sources de financement

Dépenses courantes

Le tableau n° 2 montre la répartition du financement de l'ensemble des dépenses courantes de R et D en chimie pour l'année financière 1966 (année scolaire 1966-1967) entre les différents secteurs de réalisation et selon la source de financement. C'est l'industrie qui a réalisé le plus grand nombre de travaux de recherches et qui a fourni le financement le plus important; elle est responsable des deux tiers du total des dépenses et a assuré 92% du financement de ses propres dépenses. Une partie de ces dépenses est compensée par une diminution des taxes et l'octroi de certains avantages (mais il n'est pas mentionné dans quelle proportion). Les dépenses assumées par le gouvernement canadien et les universités et instituts ont été à peu près égales si l'on tient compte des réponses non renvoyées par certaines universités. L'État a versé aux universités et instituts une somme sensiblement équivalente à leur propre quote-part du financement.

Les deux tiers environ du financement par l'État de la R et D en chimie sont allés aux recherches internes exécutées par les organismes fédéraux eux-mêmes (de nouveau sans tenir compte des dégrèvements et encouragements fiscaux à la recherche industrielle).

Comme dans toute étude de ce genre, l'interprétation des questions et la précision des réponses sont très variables. En comparant les dépenses de R et D et la main-d'œuvre y travaillant (tableaux n° 2 et 13) on conclut que les sociétés industrielles semblent avoir mieux détaillé leurs dépenses de R et D que les organismes publics et les universités (tableau n° 3).

⁴ Ces tableaux sont déposés au Conseil des sciences; la liste de leurs titres se trouve à l'annexe n° VI. On peut obtenir des copies au Conseil des sciences.

Tableau n° 2.—R et D interne en chimie. Dépenses courantes et sources de financement par secteurs de réalisation (1966 ou 1966-1967)

Source de financement	R et D réalisée par:					Totaux	%
	Organismes fédéraux	Organismes provinciaux	Conseils et fondations	Sociétés	Universités et instituts		
	× 1000\$	× 1000\$	× 1000\$	× 1000\$	× 1000\$	× 1000\$	
Organismes fédéraux.....	24 507		250	4 270	8 722 ^a	37 749	27.4
Organismes provinciaux.....		211	1 899	7	990	3 107	2.3
Conseils et fondations provinciaux . . .			235			235	0.2
Sociétés.....				80 189	837	81 026	58.8
Universités et instituts.....					8 713	8 713	6.3
Autres sources.....	16		1 177 ^b	3 480	2 171 ^c	6 844	5
Totaux.....	24 523	211	3 561	87 946	21 433 ^d	137 674	100
Pourcentages.....	17.8	0.2	2.6	63.8	15.6	100	

Source des données: Rapport de l'Étude statistique: tableaux 3, 25P, 25 et 36, avec un léger ajustement (+0.1%) pour les réponses tardives.

^a y compris le Conseil national de recherches, le Conseil des recherches médicales et le Conseil des recherches pour la Défense.

^b contrats industriels pour la plupart.

^c y compris 729 provenant d'organismes des États-Unis.

^d 24 331 dollars après ajustement pour les réponses non parvenues.

On notera que le coût moyen par scientifique était sensiblement comparable dans les secteurs industriel et public. Il faut tenir compte, toutefois, du fait que certaines erreurs se compensent jusqu'à un certain point; par exemple, les auteurs de réponses provenant du secteur industriel sont en général mieux informés de leurs coûts indirects que certains organismes publics, tandis que ces derniers offrent des exemples d'importantes immobilisations amorties en peu de temps grâce au compte des dépenses courantes.

On voit deux raisons au faible coût du personnel dans le cas des universités. L'une provient des faibles frais causés aux universités par les étudiants diplômés en comparaison des charges imposées par les diplômés récents à l'industrie ou au secteur public. Dans les calculs ci-dessus on établit les dépenses courantes de R et D des universités selon les trois modes suivants: *a)* pour les scientifiques, y compris le personnel enseignant et les docteurs ès sciences stagiaires; *b)* pour les mêmes plus les étudiants diplômés; *c)* pour les précédents plus les techniciens. La comparaison serait plus exacte si l'on excluait les étudiants diplômés; la différence restant alors entre le coût moyen par scientifique dans le secteur universitaire et le secteur public ou le secteur industriel proviendrait du manque d'information des universités sur les dépenses indirectes et autres qui font habituellement partie du budget de l'administration centrale et par suite ne sont pas incluses dans leurs dépenses courantes.

À cet égard, si les coûts mentionnés dans le rapport pour 1965 de l'Association canadienne des Écoles supérieures sont appliqués au personnel du tableau n° 13, on obtient un bon parallélisme avec les dépenses courantes et les immobilisations mentionnées aux tableaux n° 2 et 4.

Il existe un autre moyen de vérifier le degré d'exactitude de cette étude grâce au secteur industriel.

Le Bureau fédéral de la statistique relève les dépenses de R et D industrielle tous les 2 ans; le rapport du BFS n° 13-527 fait état d'un montant de 93 940 000 dollars en 1966 pour les dépenses courantes de R et D en chimie, dans un groupe d'industries correspondant à celles qui font l'objet de la présente étude,⁵ pour lesquelles les dépenses de R et D en chimie s'élèvent à 87 946 000 dollars.

On peut également comparer le total des dépenses par discipline dans les 2 études. Le total pour la chimie, le génie chimique, les sciences de la Terre, la métallurgie, les sciences agricoles, les sciences biologiques et la pharmacie tel qu'il apparaît dans le dernier rapport du BFS dont on dispose (pour l'année 1965) était de 88 314 000 dollars. Si l'on pondère ce chiffre grâce au rapport des dépenses totales de R et D dans toutes les industries pour 1965 et 1966, on obtient 93 055 000 dollars.

Il apparaît, par conséquent, que nous obtenons de deux façons différentes confirmation de l'exactitude des dépenses totales de R et D en chimie dans l'industrie, telles que nous les avons déterminées pour l'étude.

⁵ Aliments et boissons; caoutchouc, textiles; pâtes et papiers; métaux de 1^{ère} fusion; produits minéraux non métalliques; produits pharmaceutiques et médicaments et «autres produits chimiques».

Tableau n° 3.—R et D interne en chimie. Dépenses courantes par année de chercheur ou par équivalent de chercheur à plein temps, par secteurs de réalisation (1966 ou 1966-1967)

Dépenses courantes	R et D réalisée par:				Totaux
	Organismes fédéraux	Organismes publics, conseils et fondations provinciaux	Sociétés	Universités et instituts	
	\$	\$	\$	\$	\$
par scientifique.....	30 050	25 840	32 750	25 880 ^a 9 510 ^b	30 760
par chercheur, y compris les techniciens.....	15 100	13 190	16 020	7 860 ^c	13 570

Source des données: tableaux 2 et 13 du présent rapport.

^a calculé selon l'équivalence à plein temps du personnel universitaire, plus les docteurs ès sciences stagiaires.

^b équivalents de chercheur à plein temps, y compris le personnel universitaire, les docteurs ès sciences stagiaires et les étudiants diplômés.

^c comme ^b, plus les techniciens.

**Tableau n° 4.—R et D interne en chimie. Dépenses en immobilisations
et sources de financement, par secteurs de réalisation (1966 ou 1966-1967)**

Source de financement	R et D réalisée par:					Totaux	%
	Organismes fédéraux	Organismes provinciaux	Conseils et fondations	Sociétés	Universités et instituts		
	× 1000\$	× 1000\$	× 1000\$	× 1000\$	× 1000\$	× 1000\$	
Organismes fédéraux.....	7 304		10	934	2 371 ^a	10 619	24.2
Organismes provinciaux.....		32	111	13	365	521	1.2
Conseils et fondations provinciaux....			102			102	0.2
Sociétés.....				30 340	38	30 378	69.1
Universités et instituts.....					1 465	1 465	3.3
Autres sources.....	35		470	43	316 ^b	864	2
Totaux.....	7 339	32	693	31 330	4 555	43 949	100
Pourcentages.....	16.7	0	1.6	71.3	10.4		100

Source des données: Rapport de l'Étude statistique: tableaux 3, 25P, 25 et 36, avec un léger ajustement (+0.1%) pour les réponses tardives.
^a y compris le Conseil national de recherches, le Conseil des recherches médicales et le Conseil des recherches pour la Défense.
^b y compris 15 en provenance d'organismes des États-Unis.

**Tableau n° 5.—R et D interne en chimie. Dépenses courantes et immobilisations,
et sources de financement par secteurs de réalisation (1966 et 1966-1967)**

Source de financement	R et D réalisée par:					Totaux	%
	Organismes fédéraux	Organismes provinciaux	Conseils et fondations	Sociétés	Universités et instituts		
	× 1000\$	× 1000\$	× 1000\$	× 1000\$	× 1000\$	× 1000\$	
Organismes fédéraux.....	31 811		260	5 204	11 093 ^a	48 368	26.6
Organismes provinciaux.....		243	2 010	20	1 355	3 628	2.0
Conseils et fondations provinciaux....			337			337	0.2
Sociétés.....				110 529	875	111 404	61.3
Universités et instituts.....					10 178	10 178	5.6
Autres sources.....	51		1 647	3 523 ^b	2 487	7 708	4.3
Totaux.....	31 862	243	4 254	119 276	25 988	181 623	100
Pourcentages.....	17.5	0.1	2.4	65.7	14.3		100

Source des données: Tableaux n° 2 et 4.

^a y compris le Conseil national de recherches, le Conseil des recherches médicales et le Conseil des recherches pour la Défense.

^b y compris 744 en provenance d'organismes des États-Unis.

Immobilisations

Les dépenses en immobilisations pour la R et D en chimie en 1966 (année financière 1966-1967) apparaissent au tableau n° 4. On verra d'après les pourcentages des dépenses totales en immobilisations par secteur de réalisation, qu'elles suivent la même répartition que les dépenses courantes du tableau n° 2 et que les capitaux proviennent pour plus de 85% de l'industrie et de l'État.

On doit toutefois noter, au sujet des Universités, que les locaux sont en grande partie fournis par les gouvernements provinciaux respectifs, et ne sont pas englobés par les dépenses en immobilisations indiquées. De même, pour l'achat de l'appareillage important, c'est le gouvernement fédéral qui fournit les fonds plutôt que les universités elles-mêmes.

Pour la contribution financière de l'industrie à la R et D universitaire, destinée spécialement aux travaux de chimie, la proportion allouée aux immobilisations est particulièrement faible comparée à celle allouée aux dépenses courantes.

Il se peut que les estimations de dépenses en immobilisations financées par l'État ne tiennent pas toujours compte des bâtiments nécessaires à la R et D en chimie.

Dépenses courantes et immobilisations

L'ensemble des dépenses de R et D en chimie au Canada en 1966 (ou 1966-1967) atteint, selon les réponses venant de tous les secteurs, un total de 181 623 000 dollars (voir le tableau n° 5). Comme l'indiquent les remarques précédentes et le tableau n° 1, on estime que l'étude englobe 95% des dépenses courantes et immobilisations totales.

Le tableau n° 6 indique les sources de financement et les dépenses totales en pourcentages.

Tableau n° 6.—Pourcentage des dépenses de R et D en chimie. Dépenses courantes plus immobilisation par sources de financement et secteurs de réalisation (1966 ou 1966-1967)

	Pourcentages des dépenses courantes et immobilisations	
	financement	dépenses
Organismes fédéraux.....	26.6	17.5
Organismes provinciaux.....	2	0.1
Conseils et fondations provinciaux.....	0.2	2.4
Sociétés.....	61.3	65.7
Universités et instituts.....	5.6	14.3
Autres sources.....	4.3	—
Total.....	100	100

Source des données: tableaux 4 et 5 du présent rapport.

**Tableau n° 7.—R et D interne en chimie. Dépenses courantes par genre de R et D.,
(Recherche fondamentale, appliquée et développement technique), par secteurs de réalisation
(1966 ou 1966-1967)**

Caractère	R et D réalisée par :								Totaux	%
	Organismes fédéraux	%	Organismes provinciaux	%	Industries*	%	Universités et instituts	%		
	× 1000\$		× 1000\$		× 1000\$		× 1000\$		× 1000\$	
Recherche fondamentale	8 218	33.5	18	8.6	8 299	9.1	17 000	81.6	33 535	24.5
Recherche appliquée	9 860	40.2	76	36.2	40 621	44.4	2 955	14.2	53 512	39
Développement technique	6 447	26.3	116	55.2	42 512	46.5	882	4.2	49 957	36.5
Totaux	24 525	100	210	100	91 432	100	20 837	100	137 004	100

Source des données: Rapport de l'Étude statistique: Tableaux 11a, 26 et 39.
*y compris les conseils des recherches et les fondations.

B. Par caractère et catégorie de R et D

Répartition selon le caractère de la R et D

Le tableau n° 7 montre la répartition pour 1966 (ou 1966-1967) de la R et D en chimie, entre la recherche fondamentale, la recherche appliquée et le développement technique. On verra que la recherche fondamentale a occasionné environ un quart du total des dépenses, tandis que la recherche appliquée et le développement technique se partageaient le reste presque par moitié.

Les organismes publics et l'industrie ont déboursé chacun à peu près la moitié de ce que dépensaient les universités et les instituts pour la recherche fondamentale, mais le pourcentage des dépenses totales consacrées à la recherche fondamentale a été respectivement de 33.5%, 9.1% et 81.6% pour les secteurs public, industriel et universitaire.

La recherche appliquée a occasionné à peu près le même pourcentage de dépenses courantes de R et D dans les organismes publics et dans l'industrie (40.2% et 44.4% respectivement), mais les universités ne lui ont consacré que 14.2%.

La proportion indiquée des dépenses de développement technique a été, comme il fallait s'y attendre, la plus élevée dans l'industrie, moyenne dans le secteur public et très basse dans les universités (soit respectivement 46.5%, 26.3% et 4.2% de leurs dépenses courantes).

Tandis que les dépenses de R et D des organismes provinciaux (conseils et fondations de recherche non compris) étaient relativement peu élevées, elles étaient réparties entre la recherche appliquée et le développement technique dans les mêmes proportions que celles de l'industrie.

Répartition des dépenses courantes selon les catégories de R et D

Dans le questionnaire de l'Étude statistique, on demandait de ventiler les dépenses selon les catégories correspondant à la classification de l'ICC (voir l'annexe n° V). Le tableau n° 8 donne les résultats pour chacun des secteurs de l'étude (organismes fédéraux, organismes provinciaux, industrie (y compris les conseils et fondations de recherche) et les universités et instituts) dans les catégories de R et D de la classification de l'ICC.

Les données présentées nécessitent deux remarques:

- 1) Dans des catégories telles que «génie chimique» et «techniques générales d'analyse» on croit que les correspondants ont fait état de dépenses concernant des travaux de recherche d'autres catégories que la recherche et le développement technique en génie chimique et en techniques d'analyse.
- 2) Les dépenses totales par secteur, qui résultent de l'addition des dépenses réparties par catégories, ne correspondent pas exactement à celles qui sont données au tableau n° 2. Pour le secteur public et les industries les différences sont minimes et peuvent provenir de l'arrondissement des chiffres. Mais dans le cas des universités la différence est considérable et atteint presque 3%.

Tableau n° 8.—R et D interne en chimie. Dépenses courantes par catégories et secteurs de réalisation, (1966 ou 1966-1967)

Catégories ^a de R et D	R et D réalisée par :				Totaux
	Orga- nismes fédéraux	Orga- nismes provin- ciaux	Indus- tries*	Univer- sités et instituts	
	× 1000\$	× 1000\$	× 1000\$	× 1000\$	× 1000\$
Chimie analytique					
011 Techniques générales.....	2 007	119	3 821	615	6 562
012 Spectroscopie.....	421	0	1 801	872	3 094
Chimie minérale					
021 Chimie minérale générale.....	993	0	2 652	642	4 287
022 Chimie physique minérale.....	175	0	1 388	479	2 042
023 Chimie minérale théorique.....	0	0	0	78	78
031 Métallurgie.....	3 288	0	18 580	1 068	22 936
Chimie organique					
041 Chimie organique générale.....	1 194	0	2 174	2 075	5 443
042 Chimie physique organique.....	113	0	420	844	1 377
051 Combustibles, etc.....	2 393	0	4 823	11	7 227
052 Revêtements et détergents.....	98	0	4 349	0	4 447
053 Teintures.....	0	0	264	0	264
061 Produits pharmaceutiques.....	1 145	0	4 818	665	6 628
071 Elastomères, plastiques et résines.....	120	0	12 571	135	12 826
072 Produits organométalliques.....	0	0	45	99	144
073 Chimie du fluor, du phosphore, du silicium et du soufre.....	0	0	324	222	546
081 Pâtes et papiers.....	360	0	8 042	169	8 571
091 Textiles (cuir compris).....	119	0	2 606	8	2 733
Chimie physique					
101 Cinétique chimique.....	506	0	200	1 469	2 175
102 Catalyse.....	266	0	778	350	1 394
111 Thermodynamique et états de la matière.....	462	0	197	423	1 082
121 Radiochimie et chimie nucléaire	1 506	0	0	546	2 052
131 Electrochimie, etc.....	253	0	1 413	293	1 959
141 Chimie des hautes pressions et des hautes températures.....	188	0	217	97	502
151 Structure cristalline et chimie théorique.....	251	0	60	488	799
Chimie agricole et alimentaire					
161 Chimie agricole et alimentaire..	2 428	25	4 746	893	8 092
Biochimie					
171 Biochimie.....	2 510	0	1 786	6 129	10 425
Génie chimique					
181 Génie chimique.....	2 754	20	12 323	1 305	16 402
Sciences de la Terre et connexes					
191 Chimie pélagique.....	10	0	0	57	67
192 Chimie atmosphérique.....	283	0	246	36	565
193 Géochimie.....	438	47	323	589	1 397
194 Chimie de l'eau.....	245	0	256	179	680
Publications et documentation					
201 Publications et documentation..	0	0	206	1	207
Totaux.....	24 526	211	91 429	20 837	137 003

Source des données : Rapport de l'Étude statistique : Tableaux 13, 26 et 37.

^a Les deux premiers chiffres du n° de code de la catégorie indique à quelle commission cette catégorie était assignée.

*y compris les fondations et conseils des recherches provinciaux.

Tableau n° 9.—R et D interne en chimie. Dépenses courantes par groupes principaux et secteurs de réalisation (1966 ou 1966-1967)

Groupe principal	R et D réalisée par :				Totaux	%
	Organismes fédéraux	Organismes provinciaux	Industries*	Universités et instituts		
	× 1000\$	× 1000\$	× 1000\$	× 1000\$	× 1000\$	
Chimie analytique.....	2 428	119	5 622	1 487	9 656	7
Chimie minérale.....	1 168	0	4 039	1 199	6 406	4.7
Métallurgie.....	3 288	0	18 580	1 068	22 936	16.7
Chimie organique.....	5 542	0	40 437	4 228	50 207	36.6
Chimie physique.....	3 432	0	2 866	3 666	9 963	7.3
Chimie agricole et alimentaire.....	2 428	25	4 746	893	8 092	5.9
Biochimie.....	2 510	0	1 786	6 129	10 425	7.6
Génie chimique.....	2 754	20	12 323	1 305	16 402	12
Sciences de la Terre.....	976	47	824	861	2 708	2
Publications et documentation.....	0	0	206	1	207	0.2
Totaux.....	24 526	211	91 429	20 837	137 003	100

Source des données: Rapport de l'Étude statistique: Tableaux 13, 26 et 37.
*y compris les fondations et les conseils des recherches provinciaux.

Elle provient de désaccords dans les relevés des universités et des instituts entre les montants reçus et dépensés. Ces désaccords sont nombreux mais d'importance limitée, et découlent sans doute de soldes créditeurs ou débiteurs antérieurs, les premiers dépassant les seconds.

Pendant, la concordance de l'ensemble de tous les secteurs à 0.5% près est considérée comme satisfaisante puisqu'elle est loin de la marge d'erreur de 5% que peut causer l'absence de réponse.

R et D en chimie pour 1966 (1966-1967)
Comparaison entre les
dépenses de fonctionnement des tableaux 2 et 7
x 1000\$

	Organismes fédéraux	Organismes provinciaux	Industrie	Universités et instituts	Total
Tableau n° 2	24 523	211	91 507	21 433	137 674
Tableau n° 7	24 526	211	91 429	20 837	137 003
Différence	+3	0	-78	-597	-671

On notera en se reportant aux totaux portés dans la colonne de droite des tableaux n° 8 et 9, que l'effort fourni dans ces catégories est très variable. 62 pour cent des dépenses totales ont été effectuées par dix des 32 catégories. Ce sont, par ordre de grandeur décroissant: la métallurgie, le génie chimique, les élastomères, les matières plastiques et les résines, la biochimie, les pâtes et papiers, l'agriculture et les aliments, les combustibles etc., les produits pharmaceutiques et les techniques d'analyse générales.

Les dépenses ont été remarquablement peu élevées dans les catégories de la chimie théorique, de l'océanographie chimique, des produits organométalliques, des teintures, des publications et de la documentation de chimie.

En ce qui concerne les efforts respectifs de R et D dans les différentes catégories, par secteur de réalisation, on peut faire les remarques suivantes:

- 1) En chimie des polymères (élastomères, matières plastiques et résines) et en métallurgie, les dépenses de l'État et des universités ont été peu élevées par rapport à celles de l'industrie.

On aurait pu espérer que ces catégories où l'industrie est fortement engagée recevraient une attention particulière de la part des laboratoires des services publics et des universités. Aux États-Unis, tout accroissement d'intérêt que l'industrie accorde à un domaine particulier est aussitôt suivi d'un accroissement d'activité des deux autres secteurs dans ce domaine. Par exemple, il s'est produit une renaissance de la chimie des phosphates quand le marché des phosphates s'est développé rapidement aux États-Unis; elle s'est manifestée par des recherches théoriques dans les laboratoires des services publics et des universités. Il se peut que cette situation dénote des communications moins actives qu'aux États-Unis entre le secteur public, l'industrie et les universités.

- 2) Les travaux de R et D en chimie des pâtes et papiers et des textiles sont principalement réalisés par l'industrie et les autres secteurs n'ont réalisé que peu d'efforts notables en ce domaine.
- 3) Les travaux de R et D en biochimie, au contraire, ont été relativement peu étendus dans l'industrie, quoique la recherche pharmaceutique ait été fortement soutenue par cette dernière.

Les résumés des rapports de commissions figurant au chapitre IV donnent quelques autres observations sur les efforts respectifs de R et D dans les différentes catégories.

Orientation du soutien de l'État

Au cours de l'étude, on a demandé aux responsables du secteur public d'indiquer quels projets et quelles dépenses de R et D pouvaient raisonnablement être assignés à une catégorie particulière de l'industrie.

Sur les 578 projets de R et D mentionnés par les organismes publics fédéraux et provinciaux, 490 soit 85% du total, répondaient à cette définition. Ces 490 projets ont causé des dépenses de fonctionnement de 19.9 millions de dollars, soit 80% du total des dépenses de R et D. On trouvera la répartition détaillée de ces dépenses au tableau n° 10; si elles concernent une industrie particulière on remarquera qu'elles se rangent dans l'ordre suivant: la chimie et les produits chimiques, les aliments et boissons et les métaux de première fusion. Le groupe de loin le plus important était constitué par les autres industries, ce qui montre que les laboratoires du secteur public accordent plus d'importance aux travaux concernant des groupes d'industrie de moindre importance.

III.2 Besoins supplémentaires en personnel, équipement et services

On avait demandé aux correspondants des organismes publics et de l'industrie de signaler les causes de limitation des travaux de R et D durant la période considérée. Les facteurs spécifiques au sujet desquels on demandait des observations étaient le recrutement du personnel (directeurs, personnel scientifique et techniciens) et la possibilité de disposer d'équipement perfectionné et de services d'informatique. Les tableaux n° 11A et B respectivement récapitulent les réponses parvenues de l'industrie et du secteur public.

On remarquera que les réponses provenant du secteur public et de l'industrie mentionnent surtout le besoin de personnel scientifique, de techniciens et d'équipement plutôt que de directeurs de recherche et de services d'informatique. Le manque d'équipement perfectionné n'est signalé que dans les départements peu importants.

Outre les réponses obtenues grâce aux questionnaires adressés aux organismes publics et à l'industrie, des remarques ont été présentées spontanément au sujet des secteurs négligés et des besoins spécifiques, soit au cours des observations générales accompagnant les questionnaires, soit dans les rapports des commissions. Le chapitre n° 5 résume le contenu de ces rapports spéciaux par secteurs et commissions.

Tableau n°10.—Dépenses des organismes fédéraux pour la R et D interne en chimie selon les principaux secteurs de l'industrie^a, 1966

Industries	× 1000\$
Mines, carrières et puits de pétrole.....	701
Aliments et boissons.....	3 279
Tabac.....	—
Caoutchouc.....	—
Cuir.....	—
Textiles.....	269
Bonnetterie.....	—
Vêtements.....	—
Bois.....	440
Papier et industries connexes.....	35
Métaux de première fusion.....	1 559
Articles de métal.....	690
Machines et outillage.....	15
Matériel de transport.....	35
Matériel électrique.....	382
Produits minéraux non métalliques.....	707
Pétrole et charbon.....	546
Chimie et produits chimiques.....	3 424
Divers.....	360
Construction.....	—
Transports et autres services publics.....	—
Services.....	79
Autres activités.....	7 258
Total.....	19 779 ^b
Sans rapport avec la classification des industries.....	4 747
Total.....	24 526

Source des données: Rapport de l'Étude statistique: Tableau 12.

^a Classification du BFS.

^b pour 478 projets sur 556.

III.3 Main-d'œuvre

Les renseignements concernant la main-d'œuvre, recueillis au cours de l'étude, sont présentés dans les tableaux n° 12 et 13. Le premier récapitule l'effort, exprimé en années de scientifique, fourni par l'ensemble des scientifiques et des ingénieurs travaillant à la R et D en chimie au Canada au cours de l'année 1966 (ou 1966-1967) par secteurs étudiés, autre que celui des universités et des instituts; le second fournit l'analyse de l'ensemble de la main-d'œuvre par niveaux de compétence ou par fonctions A) pour le secteur non universitaire et B) pour les universités et instituts.

Dans les secteurs non universitaires, on fait état d'un effort de plus de 3 600 années de scientifique accomplies par les scientifiques et les ingénieurs travaillant à la R et D en chimie au Canada cette année-là, dont 49.8% ont été exécutées par des chimistes, 18.8% par des ingénieurs-chimistes, 5.5% par des biochimistes, et le reste, soit un peu plus de 25%, par des métallurgistes, des physiciens, des mathématiciens et autres groupes d'ingénieurs et de scientifiques. Comme on pouvait le prévoir, les pourcentages respectifs des scientifiques employés dans les principaux secteurs de réalisation non universitaires sont extrê-

**Tableau n° 11.—Besoins signalés en personnel, équipement et services
d'informatique supplémentaires**

A) dans l'industrie*

Type de difficulté	Difficultés mentionnées par:		Dépenses de R et D représentées par l'ensemble des réponses qui signalent des difficultés		Répartition (en pourcentage) dans la colonne des dépenses:		
	Nombre de correspondants	% de l'ensemble des réponses	× 1000\$	% du total des dépenses de R et D pour l'industrie ^b	Biochimie	Génie chimique	autres secteurs de la chimie
Recrutement							
de directeurs.....	7	3.8	3 418	3.7	20.0	45.1	41.1
d'autre personnel.....	71	38.1	39 679	43.4	16.3	70.5	87.4
de techniciens.....	49	26.3	30 906	33.8	5.4	56.6	88.0
Obtention							
d'équipement perfectionné.....	42	22.6	8 841	9.7	0.3	53.7	92.5
du service d'informatique.....	7	3.8	3 026	3.3	—	72.4	98.2

Source des données: Rapport de l'Étude statistique: Tableaux 30A et 30B.

*y compris les fondations et conseils des recherches provinciaux.

^a 186 questionnaires reçus en tout.

^b 91 432 000 dollars de dépenses en tout pour le secteur industriel.

REMARQUE: L'addition verticale ou latérale des pourcentages donne un total supérieur à 100 car chacun des pourcentages pourrait l'atteindre isolément.

Tableau n° 11.—Besoins signalés en personnel, équipement et services d'information supplémentaires
B) dans les organismes publics englobés par le rapport

Type de difficulté	Difficultés mentionnées par :		Dépenses de R et D en chimie représentées par les organismes faisant état de difficultés	
	Nombre de correspondants	% du total des réponses ^a	× 1000\$	% du total des dépenses de R et D du secteur public
Recrutement				
de directeurs	10 ^a	4.5	922 ^a	3.7
d'autre personnel	69 ^a	30.8	10 446 ^a	42.2
de techniciens	38 ^a	17	4 523 ^a	18.3
Obtention				
d'équipement perfectionné	14 ^b	25.9	5 744 ^b	23.2
du service d'informatique	1 ^b	1.9	80 ^b	0.3

Source des données: Rapport de l'Étude statistique: Tableaux 2, 4, 5, 11, 17 et 18.

^a sur un total de 224 réponses au questionnaire de projet et 24 737 000 dollars de dépenses.

^b sur un total de 54 réponses et de 24 734 000 dollars de dépenses.

REMARQUE: L'addition des pourcentages donne un total supérieur à 100 car chacun des pourcentages pourrait l'atteindre isolément.

Tableau n° 12.—R et D interne en chimie. Effort accompli par les scientifiques et ingénieurs du secteur public et de l'industrie exprimé en années de chercheur (1966 ou 1966-1967)

	Années de chercheur			Totaux
	Organismes fédéraux	Organismes provinciaux	Industries*	
Chimistes	410.1	4.6	1 412	1 826.7
Ingénieurs-chimistes	69.8	0.3	622	692.1
Biochimistes	99.4	0.9	101	201.3
Métallurgistes	90.3	0	189	279.3
Physiciens	33	2.7	72	107.7
Mathématiciens	2.5	0	24	26.5
Autres ingénieurs	39.4	0	200	239.4
Autres scientifiques	97.9	4.0	202	303.9
Totaux	842.4	12.5	2 822	3 676.9
Pourcentages	22.9%	0.3%	76.8%	100

Source des données: Rapport de l'Étude statistique: tableaux 14 et 27.
*y compris les fondations et conseils des recherches provinciaux.

mement proches des pourcentages respectifs des dépenses de fonctionnement (voir le tableau n° 14).

On doit noter deux différences entre les deux principaux secteurs: le secteur public employait la moitié de l'ensemble des biochimistes, mais seulement un dixième des ingénieurs-chimistes travaillant à la R et D en chimie. Le nombre de techniciens employés dans les deux principaux secteurs non universitaires était presque exactement le même.

L'effort des universitaires, docteurs ès sciences stagiaires et étudiants diplômés, calculé selon leur équivalence de chercheur à plein temps, s'élevait à 2 253 années de scientifique pour la R et D en chimie du secteur universitaire; il faut y ajouter 474 années de chercheur à plein temps pour les techniciens. L'effort total des scientifiques en R et D en chimie au Canada en 1966 a été par conséquent de 5 900 années de scientifique, plus 4 241 années de technicien, soit un total général de 10 141 années de chercheur.

III.4 Prévisions

Le questionnaire, qui a été envoyé au milieu de 1967, demandait qu'on précise les dépenses effectuées pour 1966 (ou 1966-1967) et les dépenses prévues pour les 4 années allant jusqu'en 1970 (ou 1970-1971), dans le secteur public et l'industrie. Pour les universités et instituts, il demandait qu'on précise les dépenses pour l'année scolaire 1966-1967 et les prévisions pour les 5 années à venir, jusqu'en 1971-1972. Les réponses sont présentées dans les tableaux n° 15, 16 et 17 pour les dépenses courantes de recherche interne, les immobilisations et les frais d'immobilisations plus les dépenses courantes respectivement.

Tableau n° 13.—Importance numérique et titres du personnel travaillant à la R et D interne en chimie

A) Hors des universités ou des instituts en «années de scientifique» 1966

Titre	R et D réalisée par :				Total hors des universités
	Organismes fédéraux	Organismes provinciaux	Conseils et fondations	Sociétés	
Docteurs ès sc.	477	3	61	625	1 166
Titulaires d'une maîtrise ès sc.	114	4	32	410	560
Bacheliers ès sc.	225	2	44	1 650	1 921
Techniciens.	820	28	114	2 805	3 767
Totaux.	1 636	37	251	5 490	7 414

B) Dans les universités et les instituts, en «Équivalents de chercheur à plein temps» (1966-1967)

Compétence	R et D réalisée par les universités et instituts	
	Nombre	Équivalents de chercheur à plein temps ^a
Universitaires.	1 042	536
Docteurs ès sciences stagiaires.	378	292
Étudiants diplômés.	2 187	1 425
Techniciens.	598	474
Totaux.	4 205	2 727

Source des données: Rapport de l'Étude statistique: Tableaux 14, 15, 27, 28, 27P, 28P, 38 et 44.
^a «Équivalents de chercheur à plein temps» tels qu'ils ont été dénombrés par les chefs de département. On doit noter que l'année de chercheur est une unité de durée de travail; l'équivalent de chercheur à plein temps est une «unité de fonction»; par exemple les 1 042 universitaires sont considérés comme l'équivalent de 536 chercheurs à plein temps.

Tableau n° 14.—Comparaison entre les pourcentages de main-d'œuvre scientifique et de dépenses de fonctionnement de R et D en chimie dans les secteurs de réalisation non universitaires

R et D en chimie				
Pourcentage	Organismes fédéraux	Organismes provinciaux	Industrie*	Total
des dépenses de fonctionnement . . .	21.1	0.2	78.7	100%
du travail des scientifiques en années de scientifique	22.9	0.4	76.7	100%

Source des données: tableaux 2 et 12 du présent rapport.
 *y compris les conseils des recherches et les fondations.

Tableau n° 15.—R et D en chimie. Dépenses de fonctionnement réelles (1966 ou 1966-1967 et prévisions (jusqu'à 1970 ou 1971-1972) par secteur de réalisation

Année	R et D réalisée par :				Totaux
	Organismes fédéraux	Organismes provinciaux	Industrie*	Universités et instituts	
	× 1000\$	× 1000\$	× 1000\$	× 1000\$	× 1000\$
1966 (1966-1967).....	24 523	211	91 507	21 433	137 674
1967 (1967-1968).....	27 242	206	102 868	25 248	155 564
1968 (1968-1969).....	30 926	240	105 563	29 780	166 509
1969 (1969-1970).....	33 518	271	112 643	35 325	181 757
1970 (1970-1971).....	37 469	289	120 175	39 772	197 705
(1971-1972).....				(46 421)	
Prévisions totales (1967-1970 ou 1970-1971 inclus).....	129 155	1 006	441 249	130 125	701 535
Augmentation (1966-1970)	52.8%	37.0%	31.3%	85.6%	43.6%
Augmentation (1966-1967 à 1971-1972).....				116.6%	

Source des données: Rapport de l'Étude statistique: Tableaux 2, 24 et 43. Les chiffres concernant l'industrie ont été ajustés pour tenir compte des réponses tardives (environ +0.2%).

*y compris les fondations et conseils des recherches provinciales.

Tableau n° 16.—R et D en chimie. Immobilisations et prévisions jusqu'en 1970 ou 1971-1972, par secteur de réalisation

Année	R et D réalisée par :				Totaux
	Organismes fédéraux	Organismes provinciaux	Industrie*	Universités et instituts	
	× 1000\$	× 1000\$	× 1000\$	× 1000\$	× 1000\$
1966 (1966-1967).....	7 339	32	32 023	4 555	43 949
1967 (1967-1968).....	8 095	36	24 598	8 109	40 838
1968 (1968-1969).....	8 453	189	24 374	11 656	44 672
1969 (1969-1970).....	10 224	41	21 805	10 051	42 121
1970 (1970-1971).....	10 525	45	18 437	15 343	44 350
(1971-1972).....				(11 330)	
Prévisions totales (1967-1970 ou 1970-1971 inclus).....	37 297	311	89 214	45 159	171 981

Source des données: Rapport de l'Étude statistique: Tableaux 2, 24 et 43. Les chiffres concernant l'industrie ont été ajustés pour tenir compte des réponses tardives (environ +1.0%).

*y compris les fondations et conseils des recherches provinciales.

Tableau n° 17.—R et D en chimie. Dépenses réelles (1966 ou 1966-1967) de fonctionnement et immobilisations, et prévisions (jusqu'en 1970 ou 1971-1972) par secteurs de réalisation

Année	R et D réalisée par:				Totaux
	Organismes fédéraux	Organismes provinciaux	Industrie*	Universités et instituts	
	× 1000\$	× 1000\$	× 1000\$	× 1000\$	× 1000\$
1966 (1966-1967)	31 862	243	123 530	25 988	181 623
1967 (1967-1968)	35 337	242	127 466	33 357	196 402
1968 (1968-1969)	39 379	429	129 937	41 436	211 181
1969 (1969-1970)	43 742	312	134 448	45 376	223 878
1970 (1970-1971)	47 994	334	138 612	55 115	242 055
(1971-1972)				(57 751)	
Prévisions totales (1967-1970 ou 1970-1971 inclus)	166 452	1 317	530 463	175 284	873 516

Source des données: Tableaux 5, 15 et 16 du présent rapport.
 *y compris les fondations et conseils des recherches provinciaux.

Prévisions de dépenses de fonctionnement (dépenses courantes)

Les prévisions totales soit 701 535 000 dollars représentaient une augmentation moyenne annuelle d'environ 10% pour les dépenses de R et D en chimie dans l'ensemble des secteurs.

Le temps passé depuis leur élaboration réduit la valeur de ces prévisions pour les besoins de main-d'œuvre; le taux de progression à peu près uniforme dans chaque secteur peut permettre d'élaborer des prévisions à court terme assez précises. Les différentes méthodes de prévision utilisées par les correspondants ont donné diverses évaluations du taux d'inflation probable et de l'importance des répercussions des restrictions budgétaires causées par les conditions économiques.

Les prévisions de l'industrie faisant ressortir une augmentation d'un peu moins de 8% par an des frais courants de R et D correspondent à l'augmentation de la quote-part de ce même groupe d'industries au Produit national brut. Les prévisions des services publics avaient été établies antérieurement au récent blocage des effectifs dans les organismes fédéraux et étaient probablement trop optimistes pour les années 1969 et 1970; celles des universités et instituts paraissent suivre sensiblement le taux d'expansion des universités au cours des dernières années, c'est-à-dire 20% d'augmentation annuelle des inscriptions et des dépenses.

Prévisions des dépenses en immobilisations

Les dépenses prévues en immobilisations pour la R et D en chimie, au cours des 4 années allant de 1967 à 1970 inclus, étaient de l'ordre de 40 à 44 millions de dollars par an. Toutefois, contrairement aux dépenses courantes, dont on prévoyait l'augmentation progressive dans tous les secteurs, il semble

que l'accroissement des immobilisations doit varier suivant les années dans les universités et diminuer progressivement dans le secteur industriel. Les prévisions pour 1970 dans ce dernier secteur étaient inférieures d'environ 40% aux dépenses effectuées en 1966. On ignore si ce fait reflète une tendance réelle à la diminution des immobilisations, contrastant avec l'augmentation des dépenses courantes de R et D, ou le désir des correspondants d'éviter de prévoir les immobilisations si longtemps à l'avance, en raison des perspectives économiques. Il semble plus probable, cependant, que la dernière hypothèse soit la principale, et les prévisions de l'industrie semblent en dessous des possibilités.

Total des dépenses en immobilisations et frais courants

Les dépenses totales pour le fonctionnement et les immobilisations mentionnées dans l'étude, pour la période de 1967 à 1970, inclus, s'élevaient à 873 516 000 dollars. Pour les raisons indiquées au chapitre III.1A, on a estimé que les réponses à cette étude, résumées dans le tableau n° 1, représentaient 95% des dépenses courantes réelles. En supposant que les dépenses en immobilisations représentent le même pourcentage, le total général des dépenses réellement effectuées et à effectuer pour 1967-1970 (ou 1967-1968-1971-1972), pour l'ensemble des secteurs étaient de 936.3 millions de dollars, au lieu des 873.5 millions de dollars indiqués. Il faut remarquer que ce chiffre est probablement encore en dessous de la vérité parce qu'aucune prévision ne tient compte des organismes qui ne s'occupaient pas encore de R et D en 1967 mais qui s'en occupent maintenant ou s'en occuperont avant la fin des années 1970 ou 1971-1972.

En vue d'évaluer la proportion des dépenses de R et D en chimie que l'on peut attribuer aux différents secteurs, public ou privé, au cours d'une période de 4 ans, nous allons comparer les pourcentages prévus pour le total des dépenses en immobilisations et frais courants dans les différents secteurs étudiés.

Tableau n° 18.—Total des dépenses prévues pour une période de quatre ans pour la R et D en chimie, exprimé en pourcentage par secteurs de réalisation

Dépenses	Organismes fédéraux	Organismes provinciaux	Industries	Universités et instituts	Total
	%	%	%	%	
courantes	18.4	0.1	62.9	18.6	100%
en immobilisations . . .	21.7	0.2	51.8	26.3	100%
immobilisations plus frais courants .	19	0.2	60.7	20.1	100%

Source des données: tableaux 15, 16 et 17 du présent rapport.

Prévisions concernant la main-d'œuvre

Le questionnaire ne demandait pas de prévisions concernant les besoins de main-d'œuvre, mais les prévisions de dépenses courantes ont permis, dans une certaine mesure, l'évaluation des tendances de la main-d'œuvre dans les divers secteurs et disciplines.

Le tableau n° 19 indique le nombre de chimistes, ingénieurs-chimistes et biochimistes effectivement employés en 1966 (ou 1966-1967) par les organismes publics et l'industrie et faisant partie du personnel des universités et instituts, ainsi que les prévisions qui en ont été déduites pour 1970 (ou 1970-1971); pour ces calculs on a utilisé le rapport entre les dépenses courantes de 1966 et 1970, dans les secteurs respectifs, multiplié par 1.12 afin de tenir compte d'une diminution due aux retraites, etc.

On n'a pas tenu compte ici de l'analyse incomplète du tableau n° 1; elle n'affecte pas la comparaison entre les taux d'accroissement des différents secteurs.

On évalue la croissance globale des besoins de spécialistes en R. et D. en chimie dans tous les secteurs et disciplines à 64.8%. L'augmentation prévue hors des universités et instituts est de 52.5% pour la période 1966-1970, et de 108% dans le cadre de ces derniers pour la période quadriennale 1966/1967-1970/1971.

L'augmentation des besoins en personnel détenteur de Ph.D. dans le secteur public et l'industrie durant cette période, soit 56.3%, peut également être comparée avec le chiffre de 108% des universités car on peut admettre que pratiquement tout le personnel universitaire sera recruté parmi les détenteurs de Ph.D.

Nous avons examiné précédemment l'opportunité d'établir un équilibre convenable entre les travaux de recherche dans les secteurs public, industriel et universitaire. Il faut en outre prendre en considération l'équilibre nécessaire entre la formation et l'emploi des spécialistes de la recherche. Toute accélération du financement de la R et D nécessiterait un apport convenable de ces spécialistes pour être efficace.

Le secteur universitaire constitue la source des effectifs de recherche de tous les autres secteurs; chaque année, l'apport en effectifs de recherche dépend du bilan des départs et des entrées au pays. Les données présentées au tableau n° 19 montrent qu'on pourrait augmenter considérablement le flux annuel de personnel de recherche formé par les universités en accélérant la croissance du secteur universitaire et en augmentant notablement le nombre d'étudiants diplômés dirigés par un professeur d'université par rapport à son niveau actuel relativement faible de 2.2 étudiants diplômés par professeur.

Cette question est examinée plus en détail au chapitre VI.2.

III.5 Observations générales contenues dans les réponses

À la demande des sociétés industrielles, le questionnaire destiné aux industries leur fournissait l'occasion de faire connaître leur opinion sur la situation de la R et D au Canada dans les industries chimiques et connexes. Dans les 185 questionnaires retournés, 58 sociétés ont soumis 152 observations, dont 65 traitaient des facteurs limitant l'effort de R et D au Canada et 87 qui contenaient des recommandations. Ces observations ont été transmises aux commissions d'études, et classées au Conseil. Une récapitulation par sujet est donnée au chapitre V.

Les questionnaires envoyés aux universités et instituts leur demandaient d'indiquer les catégories les plus actives ou les plus faibles et d'énumérer les facteurs considérés comme limitant l'effort de R et D au Canada. 83 observations ont été reçues, transmises aux commissions et classées au Conseil. Elles sont examinées au chapitre V.

Tableau n° 19.—Prévisions pour 1970 (ou 1970-1971) pour la R et D en chimie et comparaison avec les dépenses réelles de 1966 (ou 1966-1967) pour le personnel scientifique, par secteurs, disciplines et qualifications

Disciplines et secteurs	Dépenses réelles ^a en 1966 (ou 1966-1967)				Facteur ^b	Prévisions ^c pour 1970				Augmentation de 1966-1970	
	Docteurs ès sc.	Titulaires de maîtrises ès sc.	Bacheliers ès sc.	Totaux		Docteurs ès sc.	Titulaires de maîtrises ès sc.	Bacheliers ès sc.	Totaux	Valeur	En pour- centage
A. HORS LES UNIVERSITÉS											
Chimistes											
Secteur public.....	284	60	74	418	1.71	486	103	126	715	297	
Industrie.....	445	164	803	1 412	1.47	654	241	1 180	2 075	663	
Totaux.....	729	224	877	1 830		1 140	344	1 306	2 790	960	52.5
Génie chimique											
Secteur public.....	20	13	35	68	1.71	34	22	60	116	48	
Industrie.....	76	100	446	622	1.47	112	147	655	914	292	
Totaux.....	96	113	481	690		146	169	715	1 030	340	49.3
Biochimie											
Secteur public.....	68	13	20	101	1.71	116	22	34	172	71	
Industrie.....	42	14	45	101	1.47	62	20	66	148	47	
Totaux.....	110	27	65	202		178	42	100	320	118	54
Autres disciplines											
Secteur public.....	127	41	103	271	1.71	217	70	176	463	192	
Secteur industriel..	123	164	400	687	1.47	181	241	588	1 010	323	
Totaux.....	250	205	503	958		398	311	764	1 473	515	53.7
TOTAL HORS LES UNIVERSITÉS.....	1 185	569	1 926	3 680		1 862	866	2 885	5 613	1 933	52.5
B. PERSONNEL UNIVERSITAIRE— Universitaires non enseignants.....	1 042	—	—	1 042	2.08	2 167	—	—	2 167	1 125	108
C. ENSEMBLE DES SCIENTIFIQUES.....	2 227	569	1 926	4 722		4 029	866	2 885	7 780	3 058	64.8

Source : Tableaux 5 et 27 (étude statistique) et tableaux 13 et 15 du présent rapport.

^aEn années de chercheur pour le personnel non universitaire; nombre réel d'universitaires travaillant dans les universités; tous considérés comme docteurs ès sciences.

^bCe «facteur» est égal au rapport entre les dépenses de fonctionnement prévues pour 1970 et les dépenses réelles de 1966, rapport multiplié par 1.12 en raison des réductions de personnel par retraite, etc.

^cD'après a, et b., On n'a pas tenu compte du caractère incomplet de l'étude (voir tableau n° 1).

Tableau n° 20.—Comparaison entre les dépenses de R et D exprimées en pourcentage de la valeur ajoutée dans certaines industries choisies en 1964, 1965 et 1966

Industries choisies	Dépenses de fonctionnement en R et D, en pourcentage de la valeur ajoutée ^a			Dépenses de fonctionnement et immobilisations en pourcentage de la valeur ajoutée ^a		
	1964	1965	1966	1964	1965	1966
Aliments et boissons.....	0.22	0.25	0.26	0.29	0.33	0.35
Caoutchouc.....	0.92	1.00	1.09	1.10	1.20	1.16
Cuir.....	—	—	—	—	—	—
Textiles.....	0.52	0.60	0.46	0.63	0.79	0.53
Papier.....	1.11	1.07	1.11	1.55	1.87	1.76
Métaux de première fusion.....	1.14	1.15	1.04	1.53	1.44	1.53
Produits minéraux non métalliques.....	0.37	0.31	0.33	0.39	0.33	0.46
Pétrole et charbon.....	3.02	4.41	5.66	6.36	8.57	7.79
Chimie et produits chimiques.....	2.73	2.88	2.94	3.77	3.74	3.64
Totaux pour les industries ci-dessus.....	1.02	1.09	1.11	1.47	1.62	1.51

Source des données: R et D—Catalogue BFS n° 13-527, tableaux 1 et 3; valeur ajoutée—Bulletin préliminaire du BFS 6509-503, tableaux 1 et 2, et données préliminaires pour 1966.
^aLa comparaison est seulement approximative pour certaines industries; en effet les statistiques de la valeur ajoutée sont calculées par *établissement* tandis que les statistiques de R et D sont généralement établies par *société* ou *entreprise*. Par exemple, dans le cas d'une grande entreprise de produits pétroliers, la valeur ajoutée par la pétrochimie pourrait être attribuée à la rubrique chimie et produits chimiques mais la R et D portant sur la même pétrochimie pourrait être attribuée à la rubrique pétrole. Certaines études montrent que pour les autres industries la différence est relativement peu importante.

Chapitre IV

SOMMAIRES DES RAPPORTS DES COMMISSIONS

Les rapports des vingt commissions présentent les résultats de l'étude soigneuse et détaillée des secteurs qui leur étaient attribuées. Les rapports in extenso ont été déposés au Conseil et on ne présente ici que des sommaires.⁶ Dans certains cas, leurs titres ont été modifiés pour cerner de plus près la tâche qui était assignée aux commissions et ils ne correspondent plus exactement aux noms de ces dernières tels qu'ils sont énumérés à l'annexe n° V. On s'est efforcé de faire figurer toutes les recommandations se rapportant au domaine de chaque commission. Quand une recommandation se rapporte à un problème général, elle est signalée avec le numéro correspondant dans les Recommandations générales.

IV.1 Chimie analytique

La chimie analytique s'occupe des substances (éléments, composés, isomères, etc.) qui forment un corps donné, et de leurs proportions. Les travaux de la chimie analytique comportent: l'identification, la mesure, la séparation, l'évaluation, l'étude des réactions utiles à l'analyse; l'amélioration des méthodes d'analyse.

Le travail de recherche et de développement technique en chimie analytique exige une grande diversité d'instruments pour effectuer les mesures physiques et pour consigner et traiter leurs résultats numériques; la génération actuelle de spécialistes de l'analyse chimique dispose d'une quantité d'instruments perfectionnés dont on n'aurait même pas rêvé il y a 25 ans.

L'étude des résultats de l'enquête statistique effectuée par la Commission indique que le niveau de l'effort dans ce domaine semblait être exagéré du fait que les auteurs des réponses aux questionnaires avaient eu de la peine à distinguer les travaux constituant réellement de la R et D en chimie analytique de ceux qui complètent d'autre R et D dont l'objectif est différent, par exemple la mise au point d'un procédé de production d'énergie nucléaire.

Toutefois, il ressort clairement de l'étude que l'offre en techniciens paraît suffisante mais qu'au Canada la recherche et le développement technique en chimie analytique sont habituellement entravés par le petit nombre de spécialistes capables de se servir des instruments modernes d'analyse. En conséquence, la Commission n° 1 recommande **que la formation de personnel qualifié en chimie analytique soit encouragée**. On devrait accorder une importance plus grande tant aux programmes d'études du 1^{er} cycle (études sous-

⁶ On peut se procurer des copies pour un prix minime, au Conseil des sciences, 150 rue Kent, Ottawa, Ont.

graduées) qu'à la spécialisation des diplômés. Des cours rapides sont nécessaires pour élargir les connaissances des chimistes praticiens sur les derniers perfectionnements de la chimie analytique.

Étant donné le besoin d'échantillons normatifs pour la mise au point de nouvelles méthodes et l'évaluation des méthodes connues, la Commission n° 1 recommande la création d'un **Bureau des normes canadiennes pour la physique et la chimie**.

D'accord avec les commissions s'occupant des autres catégories, la Commission n° 1 recommande que des efforts soient faits en vue d'assurer une meilleure collaboration entre les laboratoires des universités, de l'industrie et des organismes publics. (Voir les «Recommandations générales» n° 2, page xvii.)

IV.2 Chimie minérale fondamentale

Après avoir été négligée pendant près de cent ans, la chimie minérale renaît. C'est maintenant une science en pleine activité dans le secteur universitaire, largement pratiquée dans certains laboratoires des organismes publics, et son emploi dans l'industrie s'étend largement. Néanmoins, un effort sérieux est indispensable pour corriger la négligence et le déséquilibre dans certains secteurs de cette discipline.

Il apparaît clairement qu'il faut combler la lacune entre la recherche universitaire et la recherche industrielle. Les aspects théoriques du sujet sont traités à peu près exclusivement dans les universités et les applications pratiques sont réalisées dans l'industrie. Les laboratoires du secteur public ne réussissent pas complètement à combler la lacune; ils s'orientent nécessairement vers les domaines pratiques et l'utilisation des ressources.

Dans le domaine de la chimie minérale industrielle, il est particulièrement important de faire un effort particulier d'élaboration des produits à un stade plus poussé afin d'assurer des avantages économiques à notre pays. Les fonds nécessaires pour soutenir cet effort devraient provenir directement de l'industrie, pour la recherche effectuée dans les secteurs tant industriel qu'universitaire. Les catégories relativement négligées comprennent la chimie du verre, la céramique, la chimie des solides, l'électrochimie minérale (voir également le rapport de la Commission n° 13), la thermochimie minérale (voir le rapport de la Commission n° 14), et l'étude des plasmas aux très hautes températures.

En conclusion à son étude, la Commission n° 2 recommande qu'on accorde **une importance plus grande à la R et D en chimie minérale**. On pourrait y parvenir comme suit: les universités accorderaient à la chimie minérale la même importance et le même rang qu'aux autres branches de la chimie; on établirait des Centres spécialisés dans des domaines précis et enfin le Conseil national de recherches entreprendrait davantage de recherche en chimie minérale.

Afin de satisfaire les besoins futurs, la Commission n° 2 recommande que **le réservoir de personnel qualifié et auxiliaire soit largement étendu**. La recherche exécutée dans l'industrie devrait conduire à des diplômes supérieurs; l'industrie devrait soutenir davantage la recherche accomplie dans les univer-

sités. Les diplômés ne devraient pas avoir l'impression que la recherche appliquée dans l'industrie est d'un niveau intellectuel inférieur à la recherche universitaire. Un plus grand nombre de technologistes sortant des instituts de technologie et des collèges d'enseignement professionnel devraient se spécialiser en chimie minérale et accomplir des carrières satisfaisantes dans l'industrie.

La Commission n° 2 recommande également **le resserrement de la collaboration des trois secteurs de la recherche pour la résolution des problèmes du Canada en ce domaine**. Une fraction raisonnable de la recherche universitaire devrait se dérouler dans le contexte canadien et s'occuper des ressources canadiennes. L'industrie devrait utiliser davantage le personnel universitaire en qualité d'experts-conseils (voir les «recommandations générales» n° 2, p. xviii).

IV.3 Métallurgie

Le domaine de la métallurgie, tel que l'a défini la Commission n° 3, englobe toutes les opérations consistant à extraire les métaux de leurs minerais et à les préparer en vue de leur utilisation. Ce domaine va de la valorisation des minerais jusqu'à l'élaboration des métaux pour la fabrication des articles en métal mais ne comprend pas cette dernière.

Les produits de l'industrie métallurgique, y compris les métaux sous forme de minerais, de concentrés ou de lingots, constituaient en 1965 près de 20% de la valeur pécuniaire totale des exportations canadiennes.

La Commission n° 3 considère qu'il est très important pour le Canada d'avoir un programme vigoureux et dynamique de recherche en métallurgie s'il veut conserver et améliorer sa position sur les marchés mondiaux et assurer l'utilisation optimale de ses richesses minières.

En 1967, la plupart des grandes entreprises métallurgiques du Canada entretenaient des départements de recherche dont la taille et le personnel leur paraissaient suffisants. La Division des Mines du Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources fournit les services de laboratoires qui travaillent aux problèmes métallurgiques des entreprises canadiennes et sont prêts à accorder leur aide sur demande. La plupart des conseils et fondations provinciaux de recherche ont des possibilités de recherche en métallurgie. Plusieurs universités canadiennes possèdent des départements de métallurgie (ou de génie métallurgique) où s'allient la recherche et l'enseignement.

En 1965 les dépenses courantes pour la R et D canadienne atteignaient, croit-on, 29 030 000 dollars, sur lesquels 81.6% étaient dépensés par l'industrie, 11.3% par les organismes fédéraux, 3.4% par les conseils provinciaux et 3.7% par les universités. Les dépenses totales de R et D consenties par l'industrie tant au Canada qu'à l'étranger, équivalaient à environ 1% du chiffre d'affaires des industries métallurgiques. Sur 281 ingénieurs métallurgistes employés dans la recherche industrielle en 1965, 204 seulement, soit 73%, étaient employés par les industries métallurgiques. De plus, le nombre d'ingénieurs métallurgistes finissant leurs études sera à peine suffisant pour combler les pertes normales. Si l'on voulait accroître la recherche comme on le recommande ci-dessous, il faudrait doubler le nombre des diplômés, et pour cela il

faudrait une augmentation correspondante du nombre de scientifiques et d'ingénieurs recrutés dans d'autres disciplines pour accomplir la R et D en métallurgie.

D'après les informations fournies par l'ICC, les données d'autres études, les observations émises par des personnes bien informées et ses propres réflexions concernant les problèmes de la recherche canadienne en métallurgie, la Commission n° 3 fait les recommandations suivantes :

1) L'effort total de recherche en métallurgie devrait être augmenté d'environ 50% et s'élever à au moins 1.5% du chiffre d'affaires des industries métallurgiques. La meilleure façon d'y parvenir serait d'encourager l'augmentation de la recherche industrielle par des mesures appropriées, comprenant la libéralisation des règlements régissant les programmes à frais partagés (voir les «Recommandations générales» n° 3, page xviii). Il est également indispensable d'augmenter notablement le nombre et les possibilités des diplômés en métallurgie sortant des collèges techniques et des universités. On pense l'obtenir en augmentant les subsides aux universités, en resserrant les rapports entre les universités et l'industrie, en attirant davantage de diplômés des écoles secondaires aux cours de métallurgie, en formant plus d'étudiants diplômés au 2^e cycle, et en donnant des cours combinés de gestion de la recherche à l'échelon universitaire et industriel. L'accent devrait être placé particulièrement sur la recherche d'amélioration de la préparation mécanique des minerais et en métallurgie chimique. Le gouvernement devrait encourager la formation d'associations de recherche.

2) La recherche métallurgique dans les laboratoires du secteur public ne devrait croître qu'au fur et à mesure du développement de l'industrie métallurgique. Il faudrait resserrer les relations entre les laboratoires des secteurs industriel et public, et créer une commission consultative officielle à cet effet (voir les «Recommandations générales» n° 2 et 3, pages xvii et xviii).

3) La recherche métallurgique effectuée dans les universités devrait s'orienter spécialement vers la résolution des problèmes canadiens et les échanges avec les laboratoires industriels devraient être améliorés. On propose également la création de commissions consultatives industrielles pour les universités, une plus forte utilisation des universitaires à titre d'experts dans l'industrie et des échanges de personnel entre l'industrie et les universités. On devrait orienter l'effort canadien vers la recherche appliquée et le développement technique (voir les «Recommandations générales» n° 2 et 3, pages xvii et xviii).

4) Des subventions pour les projets importants dans les universités devraient s'ajouter aux subventions individuelles actuelles, et peut-être les remplacer partiellement.

5) Le Secrétariat des sciences et le Canadian Institute of Mining and Metallurgy devraient faire une seconde étude en 1969. Dans ce but le B.F.S. serait prié de fournir des informations statistiques plus détaillées qu'à présent, en particulier pour la métallurgie chimique et physique.

IV.4 Chimie organique générale et chimie organique physique

Le caractère particulier et l'importance de la chimie organique viennent du nombre étonnant de composés qui peuvent être formés à partir du carbone. Au cours des cent dernières années, on a préparé plus d'un million de composés organiques et leurs structures moléculaires ont été déterminées. Aujourd'hui, il y a davantage de chimistes de chimie organique que de chimistes de n'importe quelle autre spécialité.

La chimie organique générale s'occupe pour une grande part des synthèses et de la détermination des structures. La chimie organique physique, qui a subi un développement rapide au cours des trente dernières années, cherche à élucider avec précision les réactions moléculaires et les forces qui déterminent les vitesses et le déroulement de ces réactions. Toutes deux ont subi l'influence des progrès rapides de l'analyse par les instruments depuis la 2^e guerre mondiale.

La Commission n° 4 a étudié les publications de chimie organique et a utilisé les chiffres des études du Conseil national de recherches et de l'ICC.

D'après les données de l'étude statistique de l'ICC, les dépenses courantes de R et D interne en chimie organique générale et en chimie organique physique s'élevaient en 1966 (ou 1966-1967) à 6 820 000 dollars. Si l'on tient compte des autres catégories utilisant les réactions organiques, le total atteint 68 723 000 dollars sur un total général pour toutes les catégories de 137 003 000 dollars; ceci montre la vaste zone d'influence de la chimie organique.

La chimie organique est bien développée au Canada, et les travaux, particulièrement ceux qui se déroulent dans les universités et au Conseil national de recherches, sont d'un niveau élevé. La part de l'industrie dans les recherches de chimie organique est peu importante, bien qu'il se soit produit récemment quelques améliorations. La part des laboratoires du secteur public dans les travaux de R et D en chimie organique est beaucoup plus importante au Canada qu'aux États-Unis ou au Royaume-Uni.

La répartition des activités suivant les disciplines est la même qu'au Royaume-Uni mais elle est assez différente de celle des États-Unis, où l'on donne moins d'importance à la recherche sur les produits naturels et sur les hydrates de carbone.

La Commission n° 4 recommande **que la recherche en chimie organique soit répandue davantage dans l'industrie canadienne**. Il faudrait encourager l'industrie à profiter davantage du programme d'aide à la recherche du Conseil national de recherches. On devrait améliorer les liaisons entre les chimistes qui s'occupent de chimie organique dans l'industrie et dans les universités grâce à des séminaires, des consultations et des conférences officielles (voir les «Recommandations générales» n° 2 et 8, pages xvii et xx).

En ce qui concerne la recherche universitaire, la Commission n° 4 recommande **qu'on continue à accorder un soutien principalement en fonction de la réputation scientifique du chercheur principal**. On pense que tout en accordant la préférence à ce système plutôt qu'à celui qui se base sur les projets de

travaux, il faudrait mieux distinguer et récompenser les possibilités et les résultats exceptionnels.

En raison de l'importance toujours croissante des instruments perfectionnés pour la recherche en chimie organique, la Commission n° 4 recommande également **que l'on examine la possibilité d'installer des centres d'instruments à travers le pays.**

IV.5 Combustibles et explosifs; revêtements et détergents; colorants

La Commission n° 5 avait été chargée d'enquêter sur le charbon, le pétrole, les produits dérivés du pétrole et les lubrifiants, les explosifs, les revêtements de protection et les colorants. Étant donné le petit nombre de points communs à ces quatre domaines, on a en fait établi quatre rapports distincts.

Le charbon

On n'a examiné en ce domaine que les travaux de recherche et de développement *chimiques*. La prospection, la géologie, l'extraction, les questions économiques, les transports et, le plus souvent, la valorisation ont été exclus.

La recherche et le développement technique en chimie du charbon sont presque exclusivement réalisés par des organismes publics, au Canada comme dans les autres pays. La Commission n° 5 n'envisage pas de modifications importantes à ce point de vue au cours des cinq prochaines années, bien que les principales sociétés pétrolières aient intérêt à s'assurer des réserves de charbon comme source possible de matières premières pour la synthèse d'un combustible liquide.

Ces organismes publics sont le Conseil des recherches de l'Alberta, le Centre des recherches sur les combustibles du Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources à Ottawa et la Fondation des recherches de la Nouvelle-Écosse. Chaque organisme est complètement autonome mais leur coordination est largement assurée par la Commission consultative canadienne pour les recherches sur le charbon.

Les dépenses de R et D dans ce secteur sont inférieures à 600 000 dollars par an, ce qui correspond à moins de 1% de la valeur annuelle des ventes de charbon. Les effectifs comprenaient 21 scientifiques, 21 techniciens et 6 personnes assurant l'administration.

La *Canadian Carbonization Research Association* entreprend les recherches concernant les emplois du charbon en métallurgie, au Centre des recherches sur les combustibles.

La recherche en ce domaine pourrait bien subir un contrecoup sévère du fait de la dissolution possible de l'Office fédéral du charbon car c'était ce dernier qui soutenait financièrement les organismes universitaires et provinciaux et était chargé de déterminer le coût d'opérations de métallurgie avantageuses pour le charbon.

En conséquence, la Commission n° 5 recommande que, **si l'Office fédéral du charbon est dissous, les responsabilités et les pouvoirs qu'il détenait précédemment pour la conduite de la recherche et du développement technique**

soient désormais exercés par le Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources.

Afin de maintenir au Canada des groupes de spécialistes compétents en traitement du charbon pour l'industrie métallurgique, la Commission recommande qu'on fonde **une Chaire de technologie des combustibles dans le cadre du Département de génie chimique de l'Université de l'Alberta**. Il est indispensable, si l'on souhaite conserver et développer le marché d'exportation actuel de charbon cokéifiable vers le Japon, que **les organismes fédéraux maintiennent un personnel qualifié et un équipement approprié**.

Étant donné qu'aucune spécialisation en techniques charbonnières n'est possible au Canada, on recommande **d'établir sept postes de formation au Centre de recherches sur les combustibles à Ottawa, et qu'on étudie de nouvelles mesures financières plus souples pour que le Centre puisse fournir une formation efficace et accroître son aide technique à l'industrie**.

Pétrole, produits pétroliers et lubrifiants

L'activité de R et D en chimie pétrolière est généralement le fait de filiales des sociétés pétrolières internationales. Au Canada, les sociétés pétrolières étendent leur action en pétrochimie et en métallurgie d'une manière originale qui mérite d'être encouragée.

En 1965, le total des dépenses courantes et les dépenses d'immobilisations pour la recherche interne de l'industrie du charbon et des produits pétroliers⁷ atteignait 22 726 000 dollars sur lesquels 17 919 000 dollars étaient d'origine canadienne et 4 807 000 dollars d'origine étrangère. Les dépenses pour la R et D externe s'élevaient à 3 733 000 dollars dont 66.3% étaient payés par les filiales canadiennes, 16.4% par les Conseils des recherches provinciaux, 6.9% par les universités et le reste par d'autres organismes d'enseignement et le secteur fédéral. On accordait la primeur aux applications et au développement technique industriel.

Cette R et D occupait 273 ingénieurs et scientifiques, le groupe le plus important étant constitué par 165 chimistes et ingénieurs-chimistes. Les dépenses courantes moyennes annuelles de R et D par ingénieur atteignaient de 32 800 dollars et 50 000 dollars par scientifique.

Les laboratoires des secteurs public et universitaire n'ont réalisé que relativement peu de travaux de R et D en chimie. Les universités canadiennes ont reçu 17 des 600 subventions accordées par l'Institut américain du pétrole, pour un montant total d'environ 136 000 dollars.

Le pétrole n'est objet d'études dans aucune université canadienne et on n'y enseigne pas non plus la géochimie organique. Une meilleure compréhension de la formation du pétrole pourrait conduire à éliminer de grandes aires de roches sédimentaires peu favorables à la découverte de pétrole, évitant ainsi prospection et forage.

La R et D concernant la *production* du pétrole est plus avancée; le *Petroleum Recovery Research Institute* de l'Université de Calgary a payé 20 000

⁷ Surtout des produits pétroliers.

et 90 000 dollars respectivement pour les dépenses courantes et les immobilisations en 1966.

Dans le secteur public, la R et D pétrolière est accomplie par la Direction des Mines et le Conseil national de recherches. Elle comprend: les recherches sur la structure physique et chimique du pétrole; certaines recherches limitées en géochimie organique; des recherches sur l'hydrogénation, la combustion, et les caractéristiques de rendement des combustibles et lubrifiants.

En 1966, les dépenses courantes dans ce secteur devaient atteindre 400 000 dollars, soit environ 2% des dépenses totales de R et D en chimie du secteur public. L'effort des scientifiques et techniciens a atteint 41 années de travail.

La recherche fondamentale concernant les lubrifiants (au Conseil national de recherches et à l'Université de la Colombie-Britannique) ne connaît qu'une activité limitée au Canada, en dépit de son importance.

La Commission recommande **la création d'un climat favorable destiné à encourager l'industrie dans sa recherche de nouveaux produits et de nouvelles techniques.** Une réglementation fiscale permettant un rapide amortissement des pertes est considéré comme la méthode la plus équitable pour aider les industries, petites ou grandes. On devrait poursuivre les programmes actuels d'encouragement à la recherche.

En raison des besoins en recherches fondamentales très étendues au sujet du pétrole, la Commission recommande **que l'industrie pétrolière canadienne s'efforce collectivement d'obtenir que l'Institut américain du pétrole augmente ses subventions aux universités canadiennes pour la recherche dans les domaines de la récupération secondaire, du génie chimique et de la géochimie organique.**

La Commission recommande **le resserrement de l'association entre la recherche pétrolière des secteurs fédéral et industriel.** Les étudiants des instituts techniques et des universités pourraient recevoir une formation spécialisée dans les laboratoires des services publics durant l'été.

En raison de l'urgence des études sur la pollution atmosphérique, la Commission recommande **qu'on finance la spécialisation d'étudiants diplômés dans le domaine de la combustion au Centre des recherches sur les combustibles.**

À cause de l'importance croissante de la lubrification **il faudrait former 10 ou 12 ingénieurs par an en techniques de la lubrification.**

Explosifs

On estime que la production des explosifs en 1966 a entraîné un chiffre d'affaires de 40 millions de dollars, mais aucune estimation n'est possible concernant le coût de la R et D en chimie des explosifs.

L'industrie s'intéresse à la recherche et au développement multidisciplinaires des explosifs; un calcul approximatif des effectifs employés donne 75 bacheliers ès sc. et 40 scientifiques de grades supérieurs. Aucune université canadienne n'offre de spécialisation dans ce domaine.

Le principal problème est le manque d'installations et de communications.

La Commission recommande **qu'on fasse un effort en vue de construire**

une caméra ultra-rapide et de former le personnel d'exploitation pour l'étude de la propagation, de la combustion et de la détonation, par la mise en commun des ressources s'il est nécessaire.

Revêtements de protection

Une gamme très variée de produits fabriqués au Canada sont décorés et protégés à l'aide de revêtements organiques. Une industrie des revêtements de protection prospère est indispensable pour toutes les autres industries de transformation du Canada.

En 1967, les dépenses de recherche ont été de 4.1 millions de dollars et elles avaient augmenté de 1.96% du chiffre d'affaires en 1963 à 2.09% en 1967. On estime que ces pourcentages sont les mêmes que ceux qui existent aux États-Unis et au Royaume-Uni et on prévoit que cette équivalence continuera.

Dans ce domaine, les divers niveaux de gouvernement du Canada ont dépensé 225 800 dollars dont 219 500 dollars venaient du gouvernement fédéral.

Actuellement, la plus grande partie de l'effort de R et D dans le domaine des revêtements de protection consiste en travaux de développement technique. Cependant, si l'industrie de la peinture veut demeurer compétitive par rapport à d'autres industries qui s'efforcent de remplacer la peinture et de trouver de nouveaux marchés, elle a besoin de R et D imaginative. En conséquence, la Commission n° 5 recommande **que l'État subventionne la recherche universitaire de produits et méthodes nouvelles pour l'industrie de la peinture.** Le Comité associé de la recherche en peinture du Conseil national de recherches et l'Institut des recherches sur la peinture pourraient organiser ces travaux.

Matières colorantes

Les matières colorantes sont utilisées pour la teinture des textiles et la coloration des papiers, matières plastiques, aliments et autres matériaux.

Le chiffre d'affaires de cette industrie était évalué à 17 millions de dollars en 1967. Il n'y avait pas de production primaire de matières colorantes.

Pratiquement toutes les firmes de matières colorantes travaillant au Canada sont entre des mains étrangères et ne font pas de recherche fondamentale. Les dépenses courantes de R et D interne ont atteint 264 200 dollars en 1966, c'est-à-dire environ 1 à 1.5% du chiffre d'affaires. Ni le secteur public ni les universités ne font état de dépenses en ce domaine.

IV.6 Produits pharmaceutiques et substances naturelles

Ce secteur est un des plus dynamiques de la chimie organique au Canada et les chimistes des secteurs public et universitaire ont réalisé d'excellents travaux en recherche sur les substances naturelles. Le montant de la recherche pharmaceutique exécutée dans l'industrie a considérablement augmenté au cours de ces dernières années, à cause des programmes d'encouragement mis en œuvre par le gouvernement. Les travaux pertinents effectués dans les écoles de pharmacie se sont révélés de valeurs inégales, mais il existe quelques labora-

toires poursuivant d'importants travaux en chimie médicale et en chimie des produits naturels.

D'après l'étude statistique, les dépenses courantes de R et D interne en chimie pharmaceutique se sont élevées à 6 628 000 dollars en 1966 (ou 1966-1967) dont 17.3% dans le secteur public, 72.7% dans l'industrie et 10% dans les universités et instituts. Elles se répartissaient en 32.9% pour la recherche fondamentale, 50.5% pour la recherche appliquée en 16.6% pour le développement technique. On a signalé, ce qui est surprenant, que 32.6% de la recherche pharmaceutique effectuée dans l'industrie est de la recherche fondamentale. Les effectifs de R et D se composaient de 665 personnes dont 239 techniciens.

Les données du B.F.S. pour 1966 montrent que les dépenses totales de recherche interne (dépenses courantes et immobilisations), et de recherche externe effectuées par l'industrie s'élevaient à environ 5% de son chiffre d'affaire, proportion qui n'est dépassée que par un très petit nombre d'autres industries de fabrication.

En ce qui concerne l'avenir de la recherche pharmaceutique et de la recherche sur les produits naturels au Canada, la Commission n° 6 espère que les responsables de la répartition des fonds définiront plus clairement leur politique scientifique à long terme. Le gouvernement fédéral allouera des fonds plus importants à la recherche, mais pas nécessairement dans les mêmes proportions qu'au cours des dernières années. Si les encouragements économiques actuels sont maintenus et si une législation restrictive sur les brevets n'est pas mise en place, on peut espérer que les intéressés entreprendront plus de recherche pharmaceutique industrielle au Canada. On prévoit également que la recherche pharmaceutique s'orientera davantage vers la recherche fondamentale, que des groupes interdisciplinaires se formeront dans les universités, et que le secteur public accroîtra sa contribution à la recherche dans les secteurs négligés par l'industrie et les universités (par exemple, en chimie alimentaire et les aspects chimiques de la pollution de l'air et de l'eau).

Les chimistes qui s'occupent des substances naturelles s'intéresseront certainement au domaine de la biologie moléculaire.

La Commission n° 6 a relevé quelques secteurs qui demandent davantage de recherches ainsi que diverses insuffisances d'équipement en instruments et d'offre de personnel. Par exemple, il manque des spécialistes de la chimie des lipides ainsi que des biologistes pour l'étude des composés à effet physiologique; il y a de même une insuffisance générale de techniciens.

Pour répondre à ces besoins, la Commission recommande **l'établissement d'un institut de recherches pharmaceutiques au Canada**; elle recommande également **la formation de centres régionaux pouvant mettre un appareillage coûteux mais indispensable à la disposition des chercheurs.**

La Commission fait d'autres recommandations plus générales: **accroissement de l'encouragement et du soutien des organismes publics à la recherche industrielle; augmentation du soutien industriel à la recherche fondamentale dans les universités; resserrement de la collaboration entre chercheurs des dif-**

férentes disciplines et entre le personnel des organismes publics, de l'industrie et des universités, octroi de plus fortes subventions interdisciplinaires (voir les «Recommandations générales» n° 2 et 8, pages xvii et xx).

IV.7 Polymères; complexes organométalliques et composés organiques sans ion métallique, etc.

La Commission n° 7 s'est occupée des élastomères, des matières plastiques et des résines, des complexes organométalliques, des composés organiques fluorés, phosphorés, sulfurés et des silicones.

Élastomères, matières plastiques et résines

Afin d'apprécier l'importance de ce domaine, on peut remarquer que l'industrie mondiale des matières plastiques s'accroît d'environ 10% par an alors que l'industrie de l'acier s'accroît de 3%.

Aux États-Unis, il semble que 40% environ des chimistes et ingénieurs-chimistes soient employés dans un secteur quelconque de l'industrie des produits macromoléculaires et environ 70% des diplômés en chimie et génie chimique entrant dans l'industrie doivent s'attendre à travailler dans les sections s'occupant des produits macromoléculaires.

Le nombre d'analyses d'articles originaux publiés annuellement s'est multiplié par 6 (passant de 30 000 à 180 000) de 1946 à 1966, ce qui donne une indication sur la rapidité de la croissance de la recherche dans ce domaine.

D'après l'étude statistique, les dépenses courantes de R et D interne sur les polymères ont atteint 12 826 000 dollars en 1966 (ou 1966-1967). Sur cette somme, 12 552 000 dollars ont été dépensés par l'industrie, seulement 135 000 dollars par les universités et 120 000 dollars par les organismes fédéraux. Les dépenses de R et D de l'industrie se répartissaient de la façon suivante: 5.2% pour la recherche fondamentale, 33.6% pour la recherche appliquée, et 61.2% pour le développement technique; les universités, par contre, consacraient 77.8% du total à la recherche fondamentale et 22.2% à la recherche appliquée, tandis que les dépenses du secteur public se répartissaient en 25% pour la recherche fondamentale et 75% pour la recherche appliquée.

Les industries, les universités et le secteur public témoignent donc d'intérêts très différents dans ce domaine important.

Les estimations concernant la main-d'œuvre employée dans la R et D interne sur les polymères donnent une répartition similaire: 117 chercheurs dans les universités, dont 29 universitaires; 8 chercheurs dans le secteur public et 807 dans l'industrie, y compris 426 techniciens.

Tandis que la production de masse canadienne des élastomères synthétiques, des matières plastiques et des résines est un fait accompli, il ne s'est pas produit de développement continu dans le domaine des nouvelles spécialités. En fait l'industrie canadienne n'étudie pas, ni ne produit les nouvelles matières plastiques qui ont atteint la vedette, en particulier au cours des recherches spatiales aux États-Unis, mais aussi certaines des matières plastiques plus anciennes qui sont des produits très employés. Bien que des cours en chimie

des polymères soient donnés dans les universités, il n'existe pas encore de diplôme de spécialisation en ce domaine. En l'absence d'écoles importantes en science des polymères, il n'y a guère de scientifiques expérimentés à ce sujet. L'Université McGill et les universités de Toronto et de Waterloo commencent à s'occuper de ce domaine, mais on estime que la recherche universitaire devrait être multipliée par six pour équilibrer l'activité industrielle actuelle.

Les instruments spécifiques pour l'étude des polymères sont peu nombreux et il faudrait faire d'importantes immobilisations en équipement pour les centres existants et les nouveaux centres.

Il n'y a que relativement peu de travaux de recherche sur la synthèse de nouveaux monomères ou polymères pouvant servir au développement futur de l'industrie ou sur les polymères complexes intéressant les biologistes. Loin de mettre au point par elle-même une technologie évoluée, l'industrie canadienne n'a même pas exploité la technologie étrangère qui est à sa disposition.

Il faudrait trouver les moyens d'encourager les programmes de développement technique risqués et coûteux qui suivent toute recherche fructueuse. Les dimensions du marché canadien ne suffisent pas pour payer de grands programmes de développement technique; les travaux d'évaluation, d'essai et de normalisation sont extrêmement coûteux.

En conclusion de ses études, la Commission n° 7 recommande **que les universités élaborent un programme considérablement élargi concernant l'enseignement et la recherche en science des polymères.**

Elles pourraient y parvenir par la fondation de chaires, la création de départements spéciaux ou d'instituts spécialisés. Il leur faudrait recruter un personnel permanent hautement spécialisé, mais le cas échéant elles pourraient employer des professeurs invités pour commencer. Les universités pourraient aussi faire un apport massif de nouveaux instruments spécifiques pour la recherche sur les polymères, construire de nouveaux laboratoires, élaborer des programmes en science des polymères à l'usage des étudiants du 1^{er} cycle (sous-gradués) et des étudiants diplômés et éditer une revue de la recherche macromoléculaire.

Une seconde recommandation demande **qu'on encourage encore plus l'expansion de la R et D industrielle sur les polymères.** On devrait faire des efforts pour encourager un plus grand nombre de firmes à entreprendre des recherches dans ce domaine et l'on devrait aider l'industrie à surmonter un nombre raisonnable d'échecs dans ses travaux de développement technique. Les sociétés de la Couronne pourraient fabriquer certains produits résultant de travaux de développement heureux jusqu'à ce qu'ils soient concurrentiels. Il faudrait instaurer un système d'échange sous licence des résultats obtenus par certaines firmes et utiles à d'autres (voir les «Recommandations générales» n° 3, 6 et 8, pages xviii, xix et xx).

La Commission n° 7 recommande **qu'un organisme gouvernemental définisse les objectifs nationaux et coordonne les efforts des différents secteurs dans le vaste domaine de la R et D sur les polymères.** En particulier, il faudrait

créer, sur de larges bases, un laboratoire d'essais répondant aux besoins canadiens et à la disposition des différents secteurs. Les activités de R et D des instituts seraient étendues et ces derniers mettraient leurs services à la disposition de toutes les sociétés industrielles et particulièrement des petites firmes (voir les «Recommandations générales», n° 1, page xvii).

Les recommandations concernant les quatre subdivisions suivantes figurent à leur suite.

Complexes organométalliques

Ce sont des composés où un groupement organique comprend un atome de carbone lié directement à un ion métallique. Bien qu'ils soient connus depuis longtemps, ils n'ont été ni étudiés ni produits au Canada et aucun centre important de recherches n'est apparu. La seule production commerciale semble être celle de composés au plomb pour les carburants antidétonants et de composés à l'aluminium utilisés comme catalyseurs dans la production des matières plastiques et des élastomères.

Les dépenses canadiennes de R et D dans ce domaine sont très peu importantes et même dans l'industrie, elles concernent surtout la recherche fondamentale. Ce nouveau secteur prometteur paraît mériter un large développement.

Composés organiques fluorés

Ce sont des composés organiques dans lesquels l'hydrogène est remplacé par le fluor; ils englobent une gamme étendue de produits nouveaux ayant des propriétés potentiellement utiles et intéressantes. Les laboratoires du monde entier ont surtout mis l'accent sur des composés organiques fluorés, matières plastiques, élastomères et réfrigérants; mais jusqu'à présent, les firmes canadiennes n'ont fabriqué que ces derniers. Il peut y avoir de bonnes raisons économiques pour l'établissement d'une très importante industrie des composés organiques fluorés au Canada, dont il faudrait soutenir dès le départ les efforts de R et D et la production.

Composés organiques phosphorés

Le nombre d'études faites dans ce domaine paraît peu important pour l'industrie du phosphore. La production canadienne se limite aux produits pharmaceutiques, aux anti-oxydants et aux produits d'addition aux aliments; de nombreux autres composés de cette classe doivent être importés. On devrait stimuler l'intérêt porté aux composés organiques phosphorés non seulement dans les industries du phosphore mais aussi dans les industries de fabrication ou les industries consommatrices.

Silicones

En dépit de leur importance commerciale, ces composés n'ont reçu que peu d'attention au Canada; il n'y a pas de production et très peu de recherche à leur sujet. La recherche fondamentale ne peut être d'aucun profit tant qu'il n'existe pas d'activité industrielle et qu'on n'a pas entrepris davantage de travaux de développement technique.

Composés organiques sulfurés

La recherche sur les composés organiques sulfurés s'est beaucoup développée au cours des dernières années. Le soufre est un produit dérivé de l'extraction du gaz naturel et il y aurait d'évidents avantages à en tirer des produits plus élaborés. Certains problèmes de pollution par le soufre sont résolus par son utilisation. L'industrie des composés organiques sulfurés paraît active et pourrait fournir une bonne base d'action. L'*Alberta Sulphur Research Limited* et le Groupe de recherche fondamentale de l'Université de Calgary ont pris un bon départ dans ce sens.

Au sujet des 4 subdivisions ci-dessus, la Commission n° 7 recommande **une extension de la recherche universitaire, la mise au point dans les universités et instituts de composés pouvant présenter un intérêt commercial, le soutien de la production commerciale canadienne et l'établissement d'une collaboration entre l'industrie et les universités** (voir les «Recommandations générales» n° 2 et 8, pages xvii et xx).

IV.8 Papier et pâtes à papier

L'étude de la Commission n° 8 a englobé les recherches en chimie du bois, de la cellulose, des sous-produits et les aspects de chimie et de génie chimique des produits du bois, du papier et de la pâte à papier.

Le Canada est aujourd'hui le premier producteur mondial de papier-journal et il n'est dépassé que par les États-Unis pour la production de la pâte de bois. C'est l'industrie contribuant le plus au P.N.B. (4%) et elle représente 15% de la valeur totale des exportations canadiennes et 21.3% des exportations canadiennes à destination des États-Unis. Toutefois, cette industrie n'accorde aux recherches qu'un beaucoup plus faible pourcentage de son chiffre d'affaires que les principales industries canadiennes.

En se fondant sur la définition de son domaine d'étude par la Commission, on trouve que les dépenses courantes de R et D atteignaient 17.7 millions de dollars en 1965, dont 16.2 millions pour l'industrie, 0.9 million pour le secteur public et 0.6 million pour les universités. Pour tenir compte des frais généraux, etc. on devrait probablement doubler les deux derniers chiffres.

Il y avait 633 diplômés universitaires ou équivalents travaillant en R et D: 454 dans l'industrie et les associations techniques, 55 dans le secteur public et 124 dans les universités; le groupe comprenait 272 chimistes, 254 ingénieurs et 107 chercheurs appartenant à d'autres disciplines.

À la suite de son étude détaillée et de son examen des données disponibles, la Commission n° 8 a conclu que la recherche concernant le papier et les pâtes à papier avait obtenu d'assez bons résultats dans le passé mais qu'elle est mal préparée pour l'avenir.

En conséquence, la Commission recommande **qu'on envisage une augmentation considérable de l'effort de R et D dans le domaine des pâtes à papier et du papier**. Cet effort exigera une augmentation considérable des dépenses et du nombre de chercheurs qualifiés. Il sera nécessaire d'instaurer des soutiens et

des politiques nouvelles pour accroître le nombre de diplômés supérieurs sortant des universités et intensifier l'effort de recherche industrielle au maximum. On devrait analyser les programmes de recherche des laboratoires fédéraux pour ré-orienter les efforts vers le domaine des pâtes à papier et du papier, mais un effort global n'est pas nécessaire immédiatement.

Les recommandations spéciales de la Commission sont les suivantes: **on devrait établir des centres spécialisés dans les universités pour constituer des foyers de recherche sur le papier et les pâtes à papier, selon des programmes bien conçus.** Il faudra que l'industries fonde des chaires et les dote ou leur assure une subvention annuelle. **Les organismes publics devraient donner, dans l'avenir, un soutien plus varié** et accorder des contrats de recherche industrielle pour des projets d'intérêt national et des encouragements fiscaux au financement par les grandes industries des activités des écoles supérieures, comme indiqué plus haut (voir les «Recommandations générales» n° 3, 4, 5 et 8, pages xviii, xix et xx).

IV.9 Textiles et cuir naturel

On étend le domaine des «textiles» à tous les produits tricotés et tissés ainsi qu'aux divers matériaux bruts et procédés qui sont utilisés dans la fabrication, la teinture et l'apprêt de ces produits; il englobe également les cordes, ficelles, feutres et matériaux non tissés.

L'industrie du cuir s'occupe principalement du tannage des peaux et de l'utilisation des cuirs produits.

Ces deux industries datent de l'antiquité et jusqu'au siècle actuel, elles se rattachaient davantage aux arts manuels qu'aux sciences. On estime maintenant que la science est indispensable pour leur avenir.

Textiles

Le faible montant de recherche sur les textiles effectuée au Canada a été réalisé par un nombre relativement petit d'organismes.

Au cours de 1966, le total des dépenses courantes de recherche interne de cette industrie atteignirent environ trois millions de dollars, équivalant approximativement à 1% du chiffre d'affaires des firmes faisant de la R et D et à 0.2% du chiffre d'affaires total de l'industrie textile. L'industrie textile des États-Unis accorde à sa R et D des pourcentages environ trois fois plus élevés.

Bien que l'industrie textile canadienne compte plus d'un millier de firmes, moins de 200 d'entre elles emploient plus de 100 personnes chacune. En conséquence, il apparaît nécessaire de procéder à des recherches collectives si l'on veut obtenir des résultats positifs.

En 1966, les universités ont dépensé 8 000 dollars et les organismes fédéraux 119 000 dollars pour la recherche sur les textiles.

La main-d'œuvre scientifique employée en R et D textile était composée en grande partie de chimistes ou d'ingénieurs-chimistes; un de ceux-ci était employé à la recherche fondamentale, sept à la recherche appliquée et 87 au développement technique.

A l'avenir il sera nécessaire de réaliser de la R et D sur les polymères fibrogènes, la teinture et l'apprêt, ainsi que sur les nouveaux modes de formation structurale des textiles.

La Commission n° 9 estime que le problème le plus important est l'insuffisance des fonds nécessaires au soutien de recherches capables de faire une contribution valable aux progrès de l'industrie textile au Canada. En conséquence, la Commission recommande **que le gouvernement cherche des moyens pour encourager la recherche en ce domaine, qui n'exigeraient pas, comme à présent, la divulgation détaillée des idées et des programmes de recherche aux organismes publics** (voir les «Recommandations générales» n° 8, page xx).

Cuir

Dans l'industrie du cuir, certaines firmes exploitent quelques laboratoires privés, mais leurs travaux concernent principalement le surveillance des opérations et le contrôle de la qualité. Un laboratoire industriel étudie l'emploi des enzymes pour le tannage et, récemment, on a entrepris un programme de recherche sur le tannage aux ultrasons.

Certains membres de cette industrie ont soumis un grand nombre de projets de recherches qui amélioreraient largement sa position concurrentielle; il s'agirait à la fois de recherche fondamentale et de recherche appliquée. Tout le monde s'accorde pour constater que l'industrie du cuir a besoin d'un laboratoire indépendant pour mener des recherches et s'occuper d'autres problèmes. Aucun établissement canadien ne s'occupe de la spécialisation d'étudiants en recherche et en technologie du cuir.

En conséquence, il est recommandé **que le secteur industriel concerné et les organismes publics entreprennent un effort conjoint en vue de réunir un petit groupe de spécialistes dans une université, de préférence, qui pourrait dispenser un enseignement et entreprendre des recherches pour le compte de l'industrie du cuir.**

Des groupes de ce genre existent dans de nombreux pays et pourraient servir de modèles.

IV.10 Cinétique chimique—Catalyse et chimie des surfaces

La Commission n° 10 était chargée d'une série de sujets de chimie physique, dont certains étaient apparentés et d'autres non. Son rapport comporte 3 subdivisions: Catalyse et chimie des surfaces; cinétique chimique, dynamique moléculaire, photochimie et transfert d'énergie; et enfin chimie des polymères. Cette dernière subdivision traite des aspects de chimie physique des polymères et complète le rapport de la Commission n° 7.

D'après l'étude statistique, les dépenses courantes de R et D interne dans le domaine étudié par la Commission n° 10 atteignaient 3 569 000 dollars, dont 21.6%, 27.4% et 51.0% respectivement pour les organismes publics, l'industrie et les universités et 69.7%, 23.8% et 7% respectivement pour la recherche fondamentale, la recherche appliquée et le développement technique. La main-d'œuvre employée englobait 451 personnes dont 394 étaient des scien-

tifiques et des ingénieurs et dont 9.6%, 8.1% et 82.2% respectivement travaillaient dans le secteur public, l'industrie et les universités.

Catalyse et chimie des surfaces

Bien que la catalyse soit de première importance pour l'industrie canadienne, notre pays n'a malheureusement pas poursuivi d'effort continu et logique de R et D en ce domaine. La recherche en chimie des surfaces n'est pas très développée non plus et le Canada paraît très en retard dans ce domaine par rapport à d'autres nations. Les fonds et l'équipement ne manquent cependant pas, mais il faudrait instaurer un foyer d'action puissant et susciter une motivation suffisante dans l'industrie.

En conséquence, la Commission n° 10 recommande **qu'on essaie d'obtenir l'opinion unanime des industries intéressées** pour savoir si elles acceptent de soutenir la R et D dans ce domaine.

La Commission recommande également **l'établissement d'un groupe de travail (ou d'un institut)**, soit dans un des centres universitaires existants ou conjointement entre plusieurs centres. Il devrait être dirigé par un scientifique éminent en ce domaine et le gouvernement fournirait l'impulsion nécessaire et les capitaux.

Cinétique chimique, dynamique moléculaire, photochimie et transfert d'énergie

Ces disciplines s'occupent respectivement de la mesure quantitative des vitesses de réaction et des facteurs qui les gouvernent, de l'étude des collisions entre molécules, des effets chimiques de la lumière et du transfert d'énergie entre molécules. La recherche effectuée dans ces domaines vise à augmenter nos connaissances fondamentales sur les réactions chimiques.

L'activité en ce domaine est relativement importante et le restera probablement. Le niveau de soutien dans les secteurs universitaire et public est suffisant et convenable mais l'activité dans l'industrie est bien entendu peu importante.

Chimie des polymères

La Commission n° 10 avait à s'occuper des recherches physicochimiques sur les macromolécules naturelles ou synthétiques, soit de la rhéologie, de la morphologie, de l'optique et des autres propriétés physiques des solides et des solutions. La R et D dans cette discipline est importante, car elle comble des lacunes entre la mise au point des polymères et leur utilisation.

Le Comité associé de la recherche sur les hauts polymères du Conseil national de recherches, le *Canadian High Polymer Forum* et la Division scientifique des macromolécules de l'Institut de chimie du Canada coordonnent leurs efforts dans ce domaine dans le cadre du secret commercial en recherche industrielle.

L'activité de l'industrie est très importante et elle a permis d'élaborer une technologie appropriée mais la recherche canadienne n'a pas obtenu de succès marquants ou répondant à des besoins spécifiquement canadiens. Les

universités n'ont accordé qu'une attention minimale à la chimie des polymères et commencent seulement à s'y intéresser. L'effort des laboratoires publics est sporadique et manque de direction.

Les facteurs limitatifs sont le manque de personnel qualifié et d'équipement perfectionné. On a commencé à remédier au premier mais **le second doit être systématiquement réduit.**

IV.11 Thermodynamique, étude des colloïdes et échanges ioniques

Les statistiques du Conseil national de recherches et la présente étude montrent que la recherche dans ces spécialités est relativement peu importante, causant respectivement 2%, 0,2% et 1,8% des frais courants de la recherche universitaire, industrielle et publique. Les recommandations de la Commission pour ces trois spécialités figurent à la fin de la présente analyse.

Thermodynamique

C'est une discipline fondamentale pour toute science et branche du génie, particulièrement utile en chimie et génie chimique. La Commission considère que les travaux dans cette spécialité sont très insuffisants au Canada. Il n'existe que 15 chargés de recherches, aidés par un personnel et des étudiants diplômés, soit 50 personnes. Le manque de personnel formé, d'équipement spécialisé, de fonds pour dépenses courantes et d'une communauté d'intérêts sont les principaux facteurs contribuant à cette situation qui laisse à désirer.

Chimie des colloïdes

C'est une discipline indispensable aux travaux de beaucoup d'industries importantes du Canada mais l'activité de recherche y est très réduite. L'enseignement et la recherche sur les colloïdes ont à peu près disparu des universités. Le manque de direction universitaire et de personnel spécialisé l'emporte sur tous les autres problèmes, tels que le besoin de fonds supplémentaires et d'équipement spécial.

Échange ionique

L'échange ionique est une spécialité étroite se rapportant à la chimie des colloïdes et au génie chimique. Ses possibilités n'ont pas encore été pleinement utilisées par l'industrie canadienne, excepté pour le traitement de l'eau. Le très petit effort de recherche est réalisé de façon dispersée dans l'industrie. Bien que l'achat de technologie étrangère dans cette petite branche spécialisée puisse être économiquement sain, le Canada devrait avoir un groupe de chimistes et d'ingénieurs au courant des nouveautés et de leur application aux problèmes canadiens.

Étant donné les considérations ci-dessus, la Commission n° 11 recommande fortement **la création de centres de spécialisation dans les laboratoires du secteur public et des universités** (voir les «Recommandations générales» n° 5, page xix).

Deux ou trois sont nécessaires pour les recherches en thermodynamique; un ou davantage pour la chimie des colloïdes; un de ces derniers devrait posséder parmi son personnel un spécialiste des échanges ioniques.

La Commission recommande également **l'accroissement du personnel formé dans ces trois spécialités**. En thermodynamique, on peut l'accomplir en augmentant le soutien financier au corps enseignant et en fournissant des fonds pour l'achat et l'entretien de l'équipement spécialisé. On devrait encourager toutes les universités à offrir des cours et à entreprendre des travaux de recherche en chimie des colloïdes et plusieurs universités devraient instituer des chaires spécialisées. Au moins deux ou trois départements de génie chimique devraient donner des cours et faire de la recherche sur les échanges ioniques.

Étant donné le besoin urgent de données abondantes en thermodynamique, la Commission n° 11 recommande également **la création d'un laboratoire du secteur public ou d'un institut de recherche pour mener un petit programme permanent afin d'obtenir et de publier des données de thermodynamique**.

IV.12 Chimie nucléaire et radiochimie

Bien que ces deux disciplines se trouvent fréquemment dans les mêmes organismes, elles sont complètement distinctes en fait. La chimie nucléaire est l'étude des propriétés et des réactions du noyau de l'atome, tandis que la radiochimie est l'étude des réactions chimiques provoquées par l'absorption d'un rayonnement ionisant.

L'étude faite par la Commission n° 16 a montré que 5% des candidats aux diplômes supérieurs dans les départements de chimie au Canada élaborent une thèse sur la chimie nucléaire ou la radiochimie.

Dans le secteur public, c'est principalement l'ÉACL qui s'occupe de chimie nucléaire et quelque activité de moindre importance se déroule dans d'autres organismes fédéraux. En 1966-1967, il y avait des programmes de chimie nucléaire en cours de réalisation dans huit universités; 12 scientifiques, 30 étudiants diplômés et 12 stagiaires de recherche docteurs ès sciences s'en occupaient. La moyenne annuelle des dépenses courantes de R et D par chercheur s'élevait à 20 000 dollars en 1966-1967; la même moyenne pour l'achat d'équipement important, calculée sur cinq années, était de 21 000 dollars.

Au cours de l'année 1966-1967, la radiochimie était bien étudiée dans les laboratoires du secteur public fédéral, ÉACL, CRD et CNRC, grâce à 19 scientifiques et 18 techniciens. Vingt membres du personnel enseignant et 35 candidats à des diplômes supérieurs y travaillaient dans 14 universités. Les dépenses courantes annuelles de R et D s'élevaient en moyenne à 11 600 dollars par membre du personnel enseignant, dont les dépenses moyennes pour l'achat d'équipement important atteignaient 8 200 dollars annuellement (moyenne quinquennale).

La Commission a estimé que l'équilibre entre les activités du secteur public et celles des universités était raisonnable pour ces deux disciplines. Les laboratoires de l'industrie n'ont fait mention d'aucun travail de R et D.

Le nombre de détenteurs de M. ès sc. et de D. ès sc, spécialisés en chimie nucléaire et en radiochimie, semble correspondre à peu près aux besoins du pays, tout au moins pour les cinq prochaines années.

Bien que le soutien accordé pour les programmes de recherche mentionnés ci-dessus ait paru suffisant, la Commission n° 12 a trouvé de nombreux exemples d'insuffisance du soutien de jeunes scientifiques travaillant dans les départements universitaires. Il semble que ce soit plutôt la répartition chronologique des fonds accordés individuellement qui soit erronée et non le montant total des fonds qu'il perçoit au cours de sa carrière.

La Commission recommande par conséquent très fortement **qu'on prenne des dispositions financières et administratives convenables afin d'assurer un soutien mieux conçu aux jeunes scientifiques universitaires.**

La Commission de contrôle de l'énergie atomique s'occupe spécialement du contenu scientifique et des conséquences techniques de la plupart des travaux de chimie nucléaire et de radiochimie réalisés dans les universités canadiennes. Toutefois, le programme de subventions de la CCEA est maintenant consacré presque uniquement à la physique nucléaire et à d'autres programmes de physique concernant les accélérateurs. En conséquence, la Commission recommande **qu'on étende les programmes de subventions de la CCEA à la chimie nucléaire et à la radiochimie.**

Étant donné que les études sur la radiolyse par impulsions offrent des occasions passionnantes de s'attaquer à un grand nombre de problèmes non encore résolus de la radiochimie, et puisque le Canada ne possède pas une seule installation convenable construite et utilisée spécialement pour cette étude, la Commission n° 12 recommande **qu'on examine la situation plus à fond.** On estime qu'une telle installation, y compris les locaux, coûterait environ 0.5 million de dollars. Si elle était réalisée, elle pourrait être mise à la disposition des radiochimistes de plusieurs laboratoires des secteurs public et universitaire travaillant de concert.

Pour conclure, bien que la Commission n° 12 sache bien que la radiochimie n'a pas d'applications illimitées, elle recommande **qu'on suscite des programmes de radiochimie appliquée bien conçus et qu'on les soutienne largement.**

IV.13 Électrochimie

Le rapport de la Commission n° 13 traite principalement des traitements électrolytiques, du stockage électrochimique de l'énergie et de la galvanoplastie. Il comprend aussi des exposés sur la thermoélectricité, la corrosion, la chimie des semi-conducteurs et l'électrochimie biologique. La thermoélectricité a été assignée à la Commission n° 14 s'occupant des réactions à haute température ou sous forte pression.

L'électrochimie, telle qu'elle est délimitée ci-dessus, représente une production industrielle évaluée à 1.6 milliard annuellement; les industries utilisant des processus électrochimiques ont en plus une production représentant la moitié de cette somme environ. Cependant, le pourcentage d'accroissement

annuel de la production de toutes ces industries réunies n'est que de 4.6% en valeur pécuniaire.

Les chiffres dont on dispose au sujet des dépenses de R et D pour ces mêmes secteurs sont incomplets; elles ne s'élèvent probablement qu'à 0.2% de la valeur de la production industrielle. C'est bien loin des 3.5% qui avaient été proposés comme objectif par les économistes soucieux de développement technique. Ce dernier paraît sporadique et irrégulier et la plupart des travaux de recherche publiés ne semblent pas avoir des objectifs très précis.

Dans le passé, le Canada a obtenu des résultats intéressants en ce domaine, qui ont été légitimement reconnus. Mais actuellement, en raison du grand nombre de firmes d'appartenance étrangère, les recherches de perfectionnement technique ont tendance à être réalisées ailleurs. La plupart des travaux dont les résultats sont publiés au Canada sont exécutés dans les laboratoires du secteur public ou ils sont réalisés dans les universités à l'aide de subventions de l'État. De tels travaux donnent lieu à peu de brevets, et les efforts en vue de les orienter vers les besoins canadiens ne sont guère coordonnés. Il existe des possibilités d'étendre les travaux de R et D en galvanoplastie et en placage galvanoplastique, en raffinage électrolytique des métaux et des produits chimiques, au sujet des piles à combustible et dans certaines autres branches de l'électrochimie appliquée.

Les progrès réalisés par l'URSS en électrochimie au cours des dix dernières années ont été remarquables, et ils ouvrent d'excellentes perspectives à un nouvel effort canadien.

Comme le taux de croissance de ce domaine important de l'économie canadienne est faible et qu'il semble sujet à des influences nuisibles, la Commission n° 13 recommande **qu'une étude à la fois technique et économique soit faite par des responsables et des spécialistes des secteurs public, industriel et universitaire**. Ils devraient examiner les conséquences probables du monopole d'État de la production d'énergie électrique et électronucléaire, les rapports entre agronomie et électrotechnique, l'approvisionnement en matières premières et l'adoption des produits nouveaux.

Étant donné que les cours de génie électrochimique sont peu importants ou inexistantes au Canada, la Commission n° 13 recommande **la création de sept chaires universitaires d'électrochimie**. Quatre d'entre elles pourraient être subventionnées par l'industrie utilisant les processus électrolytiques et deux par le gouvernement fédéral, pour l'étude de la galvanoplastie et du stockage électrochimique de l'énergie. La septième chaire pourrait être consacrée aux problèmes théoriques et fondamentaux de cette discipline.

Il est absolument nécessaire d'ouvrir une voie pour les échanges scientifiques et techniques en électrochimie. En conséquence, la Commission n° 16 recommande **la création d'un «Centre d'échanges pour l'électrochimie»**. Il pourrait être entretenu grâce au soutien conjoint de l'industrie et de l'État.

Le rapport de la Commission montre qu'il existe des possibilités certaines de progrès dans les différentes branches de l'électrochimie. La Commission

recommande **que des organismes publics et privés encouragent toutes les branches prometteuses de l'électrochimie en subventionnant des projets choisis de développement technique.** La Commission préférerait, au cas où la recommandation précédente serait réalisée, que l'exécution de ce programme soit confiée à plusieurs centres spécialisés plutôt qu'à un institut central.

On peut prévoir que les résultats de l'étude technique et économique recommandée ci-dessus montreront que les dépenses de R et D devraient atteindre de 1 à 4% des 1 600 millions de dollars qui constituent l'apport annuel des industries électrochimiques au PNB. La Commission recommande **que les secteurs privé et public allouent 1 pour cent de ce chiffre d'affaires, c'est-à-dire 16 millions de dollars par an, au financement du développement technique dans l'industrie et des chaires universitaires.**

Le rapport principal de la Commission trace un programme de financement dans ce domaine pour la période quinquennale 1968-1973.

IV.14 Chimie des fortes pressions et des hautes températures

La Commission n° 14 avait pour tâche l'étude de différents domaines de recherche: les flammes et explosifs, les sels fondus; la chimie des fortes pressions; la chimie des hautes températures et des basses températures.

Les dépenses courantes de R et D interne en chimie mentionnées dans l'étude statistique pour les spécialités ci-dessus ont été les suivantes: secteur universitaire 97 000 dollars; secteur public 188 000 dollars et secteur industriel 217 000 dollars. Étant donné que ces spécialités sont largement pénétrées par les techniques, on éprouve des difficultés à délimiter le domaine concerné. Celui-ci pourrait bien se limiter à la R et D portant sur les techniques elles-mêmes ou s'étendre au point d'englober tous les travaux de R et D qui utilisent ces techniques. Le domaine réellement étudié par la Commission n° 14 était en fait plus étendu que celui de l'étude. Le choix plus complet de données du BFS semble indiquer également un plus vaste champ d'enquête.

La Commission a constaté le plus souvent qu'il était nécessaire d'accroître la recherche industrielle. En conséquence, la Commission n° 14 recommande **le renforcement du service des brevets du Canada de façon à protéger plus efficacement les inventeurs et à encourager la recherche industrielle au Canada.** La deuxième constatation d'ordre général de la Commission est l'absence de communications entre les chercheurs de ces différentes branches. En conséquence, la Commission n° 14 recommande **qu'on encourage la collaboration entre les laboratoires industriels et universitaires.** On pourrait la susciter par des clauses additionnelles aux subventions de recherche. On pourrait organiser des rencontres périodiques entre chercheurs spécialistes des hautes températures grâce à un soutien financier (voir les «Recommandations générales», n° 2, page xvii).

Les autres recommandations de la Commission n° 14 concernaient particulièrement chacune des spécialités suivantes:

Flammes et explosifs

On devrait instaurer un centre spécialisé dans l'étude des ondes de choc, des détonations en phase gazeuse, de la cinétique des hautes températures et des écoulements hypersoniques.

Chimie des sels fondus

L'ÉACL devrait subventionner la recherche dans le domaine des sels fondus en vue d'applications dans le domaine de l'énergie nucléaire.

Le Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources et l'industrie de la production des métaux devraient subventionner la recherche sur les sels fondus en métallurgie.

Il faudrait faciliter les contacts avec l'Université technique de Norvège grâce à des visites ou à des échanges de professeurs et à l'octroi de bourses aux étudiants allant y étudier.

Chimie des hautes pressions

On devrait élaborer des dispositions pour que les travaux de recherche réalisés par des étudiants diplômés dans les laboratoires des hautes pressions du Conseil national de recherches leur permettent de briguer les diplômes supérieurs.

Chimie des hautes températures

On devrait créer un ou plusieurs centres spécialisés dans le domaine des hautes températures et instituer des cours spéciaux sur la chimie des hautes températures dans les universités, à l'usage des étudiants diplômés et des étudiants du 1^{er} cycle (sous-gradués).

On devrait repenser la spécialisation des étudiants du 1^{er} cycle se destinant aux industries de la céramique, du verre et de la thermoélectricité.

On devrait encourager et subventionner les voyages permettant d'assister aux réunions de spécialistes des hautes températures aux États-Unis et outre-mer.

Chimie des basses températures

Il faudrait multiplier les recherches pratiques concernant les conditions canadiennes, telles que la réparation des revêtements de route par temps froid, le déglacement, la formation des nids-de-poule, la lutte contre la grêle, etc.

IV.15 Structure moléculaire et chimie théorique

La Commission n° 15 a effectué un relevé des scientifiques travaillant en spectroscopie, en diffraction des rayons X et des neutrons et en chimie théorique. Les recommandations concernant ces domaines suivent les brevets exposés pertinents.

Spectroscopie

Les aspects purement analytiques de la spectroscopie n'étaient pas du ressort de la Commission. Étant donné que la seule catégorie N.S.F. pour

laquelle il était spécialement fait mention de spectroscopie appartenait à la chimie analytique, l'utilisation de la classification N.S.F. pour l'Étude de statistique a eu pour résultat le classement du plus grand nombre de travaux de spectroscopie pure dans la chimie analytique. En conséquence, la Commission a dû utiliser son propre relevé.

Ce dernier englobait la spectroscopie dans l'infra-rouge, l'étude du spectre Raman et électronique, la résonance de spin nucléaire et la résonance de spin électronique, ainsi que les méthodes spectroscopiques de détermination des propriétés fondamentales des molécules.

La recherche et le développement technique dans ces domaines fournissent des renseignements fondamentaux sur les structures moléculaires et les configurations des couches électroniques, dont la connaissance est utile dans toutes les autres branches de la chimie.

Les applications industrielles englobent la mise au point de nouvelles sources laser et la synthèse conjointe de nouveaux composés et polymères ainsi que la photochimie appliquée.

On estime que 20 universitaires et 100 étudiants diplômés travaillent principalement à la recherche spectroscopique dans les départements universitaires de chimie. Dans les secteurs industriel et public, il y a probablement 50 spécialistes qui s'occupent de recherche non analytique. Il est difficile d'évaluer les dépenses qui sont probablement d'environ 1 million de dollars actuellement. Le nombre de doctorats octroyés en ce domaine est d'environ 15 par an; cinq maîtrises sont conférées. Cependant, beaucoup de scientifiques étudiant la structure moléculaire accomplissent des travaux de spectroscopie.

On pense que le nombre de spécialistes doublera dans ce secteur au cours des cinq prochaines années et que les dépenses s'élèveront à 5 à 10 millions de dollars par an.

L'industrie canadienne a accompli peu de recherches concernant la spectroscopie.

Diffraction des rayons X, des neutrons et des électrons

Le présent exposé englobe la détermination de la structure moléculaire par la diffraction des rayons X, des neutrons et des électrons, la première méthode s'appliquant aux monocristaux. On peut en tirer des données sur les liaisons chimiques et la réactivité.

La cristallographie en général fournit un guide utile pour la recherche et la technologie dans d'autres domaines.

Les laboratoires canadiens étaient peu actifs dans le domaine de la diffraction des électrons jusqu'à l'établissement récent d'un premier groupe de recherche à l'Université de Windsor. La diffraction des neutrons n'a joué qu'un rôle limité dans la chimie canadienne. Les vibrations de réseau, la liaison hydrogène et les phénomènes ferro-électriques ont été étudiés à l'ÉACL à Chalk River et à l'Université McMaster. L'étude de la diffraction des neutrons dépend directement de la disposition d'un générateur à flux de neutrons. On poursuit activement depuis de nombreuses années la détermination de la

structure cristalline par la diffraction des rayons sur un monocristal au Conseil national de recherches et depuis cinq à sept ans dans les universités. Les méthodes d'informatique réduisent la durée des travaux de telle sorte que l'industrie en tirera meilleur avantage.

En cristallographie aux rayons X, les dépenses annuelles des départements de chimie s'établissent autour de 230 000 dollars pour le personnel et de 120 000 dollars pour les dépenses courantes de recherche. Les dépenses annuelles pourraient s'élever jusqu'à 2 millions de dollars car il deviendra nécessaire d'acheter des diffractomètres automatiques à rayons X coûtant environ 70 000 dollars chacun.

Chimie théorique

La chimie théorique a pour but d'élaborer un cadre mathématique unique pour la prévision, la compréhension et l'interprétation de tous les phénomènes chimiques. La complexité mathématique du problème exclut la possibilité d'atteindre ce but actuellement. Toutefois, les résultats auxquels on parvient sont d'un grand secours dans le domaine de l'expérimentation en permettant de relier et d'interpréter des données existant déjà et en suggérant de nouvelles expériences pertinentes.

La chimie théorique est une discipline toute récente au Canada. En 1959, cinq universités seulement employaient des chimistes théoriciens. Il y a maintenant plus de 30 spécialistes de chimie théorique, 33 candidats au doctorat et 16 à la maîtrise. Les dépenses courantes annuelles occasionnées par un chercheur de chimie théorique atteignent actuellement 25 000 dollars. Les dépenses courantes devraient augmenter au cours des cinq prochaines années d'environ 50% du montant actuel soit 1 million de dollars, sans compter les frais d'informatique.

Le domaine entier de la chimie théorique a été négligé au Canada, particulièrement dans les branches de la mécanique statistique et de la théorie des vitesses de réaction. Bien que la plupart des départements de chimie possèdent au moins un spécialiste de chimie théorique, on remarquait autrefois une répugnance marquée à considérer la chimie théorique comme une discipline en soi. Cette attitude est en train de changer.

L'industrie canadienne ne poursuit pas de recherches purement théoriques et n'en entreprendra probablement pas dans le proche avenir. Toutefois, on pense que le besoin s'en fera sentir finalement.

Ordinateurs

Les ordinateurs sont indispensables dans toutes les disciplines dont s'occupait la Commission n° 15. Il manque au Canada un ou deux ordinateurs géants, dont il pourrait à la rigueur s'offrir l'installation. La première recommandation de la Commission n° 15 est en conséquence **qu'on recherche les moyens d'acquérir un ordinateur géant qui pourrait être utilisé dans de nombreux domaines de recherche dans tout le Canada.**

Les trois spécialités étudiées par la Commission bénéficieraient largement de l'accélération de la croissance tant de la recherche que de l'enseignement. La seconde recommandation est par conséquent **que l'on recherche le moyen de stimuler la recherche et l'enseignement dans ces trois domaines**. En spectroscopie, les spectres Raman de laser et les faisceaux moléculaires ont une importance particulière, ainsi que les techniques de diffraction des électrons et l'aménagement d'un laboratoire central de diffraction de neutrons dans le domaine des recherches sur la diffraction.

IV.16 Chimie agricole et alimentaire

L'agriculture et l'alimentation jouent un rôle important dans l'économie du Canada. La chimie et le génie chimique sont indispensables pour le développement d'une agriculture moderne ainsi que pour l'industrie de transformation et de distribution des aliments.

Toutefois, on devrait prendre en considération les exigences mondiales au même titre que les besoins canadiens lorsqu'on étudie les besoins en recherche dans un secteur donné ou les besoins en spécialisation dans un métier ou dans une discipline donnés.

La demande mondiale en aliments et autres produits agricoles augmentera en raison de l'accroissement de la population du globe à raison d'environ 2.2% par an et des fortes pertes de produits comestibles dans tous les pays.

La Commission n° 16 a rencontré des difficultés à rassembler des données statistiques utiles à son travail, mais les chiffres du BFS, de l'ICC du CASCC et de l'*Ontario Research Index* ont été examinés. Les chiffres du BFS concernant l'industrie des aliments et des boissons donneront une idée de l'importance de ces domaines et du total de R et D réalisés. En 1964, cette industrie avait un chiffre d'affaires s'élevant à plus de 6.1 milliards de dollars et elle était le plus important employeur du Canada, avec 131 000 employés.

En 1965, les dépenses courantes nettes de R et D dans les industries des aliments et boissons étaient de 4.53 millions de dollars. La même année, les dépenses totales (dépenses courantes plus immobilisations) de R et D atteignaient 7.94 millions de dollars, soit moins d'un millièmè du chiffre d'affaires.

Après son étude, la Commission conclut que

1) la recherche sur l'agriculture et les aliments est de caractère multidisciplinaire et une augmentation des investissements en chimie pure ne peut se justifier qu'avec une augmentation correspondante de l'effort en biologie;

2) la recherche agricole est concentrée dans les laboratoires des secteurs public et universitaire et elle est bien assise. Il est indispensable de coordonner les efforts en vue d'atteindre les objectifs nationaux (voir les «Recommandations générales» n° 1, page xvii);

3) la recherche sur les aliments en est à ses débuts et elle mérite un soutien plus important (voir les «Recommandations générales» n° 7, page xx); Actuellement, l'industrie alimentaire canadienne dépend, à peu d'exceptions près, de la recherche et du développement technique aux États-Unis; malgré

cela, l'effort de R et D industrielle au Canada ne semble pas devoir augmenter de façon importante.

La Commission n° 16 recommande:

1) **qu'on construise des laboratoires centraux de recherche sur les aliments pour exécuter des programmes de recherche fondamentale et appliquée;**

2) **que les études de chimie comportent des cours sur l'agriculture et les aliments,** et

3) **qu'on accroisse le soutien à l'extension des laboratoires existants** (voir les «Recommandations générales» n° 5, page xix).

Le but de cette dernière recommandation est d'éviter la dispersion de la main-d'œuvre et des fonds entre de petits laboratoires qui ne pourraient réaliser de R et D complexe en agriculture et aliments.

IV.17 Biochimie

La biochimie est une science nouvelle en relation étroite avec les sciences physiques, mais qui est en même temps partie intégrante des sciences biologiques. Elle joue un rôle important dans l'industrie, la médecine et l'agriculture; à moins que le Canada n'établisse et ne maintienne une activité de recherche biochimique de qualité élevée, la recherche en médecine, agriculture, élaboration des aliments et des poissons, etc. serait restreinte.

Au Canada, l'enseignement et la recherche en biochimie sont concentrés dans les facultés de médecine bien qu'il se fasse un peu de biochimie dans les départements universitaires de chimie ou de biologie. La recherche en biochimie est poursuivie également dans d'autres départements universitaires et dans quelques laboratoires du secteur public. Près de 1 500 biochimistes enseignent ou font des recherches au Canada.

Il paraît souhaitable qu'à l'avenir l'enseignement soit élargi afin de donner plus d'importance à une formation de base dans les sciences physiques. À l'échelle internationale, le Canada n'a pas de centre important de biochimie et peu de groupes de recherche éminents. Le nombre de diplômés en biochimie n'est pas excessif et on devrait l'augmenter.

Les dépenses de R et D interne en biochimie étaient, d'après l'Étude statistique, de 10 425 000 dollars, soit 7.6% du total mentionné pour la chimie. Ces dépenses étaient faites comme suit: 58.8% par les universités, 24.1% par le secteur public et 17.1% par l'industrie.

La même étude mentionnait un effort total de 1 099 années de chercheur pour la biochimie soit 9.5% du total relevé pour la chimie; ce total incluait le travail de 366 techniciens. 68.2%, 15.9% et 15.9% de cet effort était accompli respectivement par les universités, le secteur public et l'industrie.

Il existe un grand déséquilibre entre la recherche effectuée par les secteurs public et universitaire d'une part, et par les industries d'autre part. La biochimie végétale et la biochimie hospitalière constituent des branches relativement négligées de la biochimie.

La Commission n° 17 recommande en conséquence **qu'on fasse des efforts en vue d'encourager la recherche appliquée en biochimie, particulièrement**

dans les laboratoires industriels et hospitaliers (voir les «Recommandations générales» n° 3, page xviii). Ces organismes publics pourraient collaborer dans ce domaine avec l'industrie pour installer des laboratoires centralisés, on pourrait modifier la législation sur les brevets et accroître la collaboration entre le secteur public, l'industrie et les universités, grâce à un programme d'échange et de visites de scientifiques (voir les «Recommandations générales» n° 2, page xvii).

La Commission recommande également **qu'on hausse les normes d'enseignement et de recherche en biochimie au niveau international**. Elle propose les moyens suivants:

1) augmenter l'importance accordée à la formation de base en chimie, physique et mathématiques et mieux coordonner les travaux des départements de biochimie avec ceux des autres sciences;

2) établir des instituts interdisciplinaires associés aux universités;

3) instituer des centres spécialisés pour l'enseignement et la recherche en biochimie (voir les «Recommandations générales» n° 5, page xix);

4) les laboratoires du secteur public devraient s'occuper plus particulièrement de la recherche visant un but précis grâce à l'organisation de larges groupes interdisciplinaires ayant des objectifs réalistes, bénéfiques pour l'économie canadienne, et

5) augmenter le soutien à la biochimie hors des facultés de médecine.

IV.18 Génie chimique

La recherche en génie chimique, selon la Commission n° 18, englobe toutes les recherches accomplies dans l'industrie chimique et parachimique et le secteur primaire, qui sont de nature à permettre des réalisations-pilotes concernant des produits ou des procédés commerciaux.

On estime que le nombre total d'ingénieurs-chimistes travaillant au Canada est d'environ 5 000, dont au moins la moitié a acquis ses diplômes au cours des dix dernières années.

Les dépenses courantes et les immobilisations pour la R et D industrielle dans le secteur primaire et parachimique se sont élevées rapidement d'environ 60 millions de dollars en 1962 à 135 millions en 1965, soit une augmentation de 20 à 30% par an. Actuellement, elles augmentent d'environ 10% par an, et les prévisions indiquent un accroissement de 3.5% par an jusqu'en 1970. Toutefois, la plupart des directeurs de services de recherche interrogés pensaient que la partie de leurs programmes concernant le génie augmenterait de 6 à 10% par an. Quelques-uns seulement s'attendaient à des difficultés de recrutement du personnel.

La politique scientifique du gouvernement fédéral concernant la R et D, bien qu'elle paraisse plus dynamique qu'il y a dix ans, semble manquer d'objectifs clairs et de cohésion, selon la plupart des directeurs de services de recherche industrielle interrogés.

L'industrie canadienne se caractérise par le nombre de firmes importantes utilisant les richesses naturelles et n'accomplissant que peu ou pas de recherche,

ou commençant tout juste un modeste programme.

Le personnel des départements universitaires de génie chimique s'est développé rapidement au cours des cinq dernières années, passant d'une moyenne de 4 universitaires et 2 étudiants diplômés chacun à presque 8 universitaires et 3 étudiants diplômés. Environ 4% seulement de leur ressources financières proviennent de l'industrie.

Les données statistiques indiquent que la R et D accomplie au bénéfice de l'industrie chimique, de la métallurgie extractive, de la pâte à papier et du papier et du secteur primaire ne représentent qu'un faible pourcentage des dépenses de recherche du secteur public.

La principale recommandation de la Commission n° 18 est **que le gouvernement fédéral augmente de façon importante son soutien de la recherche appliquée et du développement technique dans les secteurs intéressant l'économie nationale, au moyen de dégrèvements fiscaux, de contrats de recherche et de subventions de recherche.** Cette augmentation ne devrait pas s'appliquer aux laboratoires du secteur public fédéral mais en premier lieu aux centres de recherche industriels ou aux conseils provinciaux de recherche, instituts, départements d'université collaborant avec l'industrie (voir les «Recommandations générales» n° 3, 4 et 8 pages xviii et xx).

On devrait transformer les programmes d'encouragement fiscaux actuels tels que l'IRDIA en vue de soutenir l'activité actuelle de recherche et pas seulement les nouveaux travaux. Les programmes de subvention au développement technique devraient être libérés des restrictions causées par les possibilités de fabrication et d'exportation. Le gouvernement devrait assumer une part des risques que comporte le développement technique d'applications commerciales en technologie canadienne.

Ce programme gouvernemental devrait être mis en œuvre par un organisme nouveau ne possédant pas de laboratoires. Le CNRC devrait poursuivre son soutien de la recherche fondamentale dans les industries et les universités avec un taux d'accroissement annuel normal.

La Commission n° 18 recommande **qu'on examine à nouveau l'équilibre entre la recherche fondamentale, la recherche appliquée et le développement technique exécutés dans les laboratoires du secteur fédéral.** On devrait revoir en particulier les besoins des industries parachimiques utilisant les richesses naturelles (voir les «Recommandations générales» n° 3, page xviii).

Elle propose d'entreprendre une enquête sur le faible nombre d'inventions et d'innovations réalisées au Canada et d'améliorer la réglementation et le Service des brevets. On devrait utiliser les tarifs douaniers pour permettre le développement des industries qui présentent les plus grandes possibilités économiques.

IV.19 Chimie et sciences de la Terre et domaines connexes

Le sujet dont s'occupait la Commission n° 19 comportait les spécialités suivantes: chimie spatiale; géochimie générale; chimie atmosphérique; chimie des eaux souterraines; chimie océanographique et limnologique; chimie des

sols; géochimie biologique; isotopes et datation des roches; géochimie des gisements miniers; prospection géochimique; géochimie des phases de minéralisation; analytise chimique des roches, des minerais et des combustibles fossiles; traitement des données géochimiques, et enfin enseignement et recherche en géochimie dans les universités canadiennes.

Aucune donnée statistique ne s'est révélée directement applicable aux domaines étudiés et les recommandations de la Commission sont fondées sur la connaissance approfondie des spécialités énumérées ci-dessus qu'en ont les experts qui ont préparé chaque exposé.

La Commission remarque qu'avec une R et D minimale, il est possible d'utiliser la masse des connaissances mondiales en chimie, en particulier les processus de la chimie industrielle. Toutefois, en ce qui concerne les sciences de la Terre, le milieu physique canadien est unique sous bien des rapports et il est nécessaire de subventionner les recherches locales.

Voici l'opinion de la Commission sur le niveau d'activité et les besoins de R et D dans les différentes spécialités.

Chimie spatiale

L'activité de recherche est satisfaisante, mais l'enseignement est insuffisant dans la plupart des universités, surtout en ce qui concerne les météorites.

Géochimie générale

Le niveau de R et D est suffisant pour les roches métamorphiques et ignées mais non pour les roches sédimentaires et le déroulement des phénomènes.

Chimie de l'atmosphère

Le niveau d'activité en R et D est moyen, mais une augmentation est nécessaire pour résoudre les problèmes de pollution de l'air. Il faut étoffer son financement, mieux coordonner l'activité des divers organismes et accorder plus d'importance aux écoles d'enseignement supérieur.

Chimie des eaux souterraines, chimie océanographique et limnologique

Les travaux de R et D atteindront un niveau satisfaisant dans cinq ans mais il faut développer l'enseignement dans les divers secteurs énumérés dans le rapport de la Commission.

Chimie des sols

Le niveau des travaux de R et D est satisfaisant dans le domaine agricole; on s'attend à une expansion pour les autres applications. L'augmentation nécessaire du nombre de chimistes des sols n'affectera pas le personnel et l'outillage actuels. Il est nécessaire d'étendre les recherches sur les moraines de fond et les argiles à blocs de l'époque glaciaire canadienne afin de permettre une bonne interprétation des relevés géochimiques.

Géochimie biologique

Il faudra chercher à combler de grandes lacunes dans nos connaissances

actuelles, la Commission en donne la liste et recommande une forte augmentation des recherches de biosynthèse géochimique.

Isotopes et datation des roches

Le niveau général des travaux de R et D est satisfaisant et on prévoit un avenir brillant. On doit toutefois améliorer les recherches sur les isotopes stables sous toutes leurs formes.

Géochimie des gisements miniers

L'activité de recherche est relativement élevée dans les universités et dans le secteur public mais elle ne suit pas de près l'augmentation de la production minière au Canada. Il est nécessaire d'accorder immédiatement plus d'importance à l'enseignement et à la recherche fondamentale concernant les gisements miniers dans toutes les facultés enseignant la géologie. Il faut étudier sans retard l'origine des éléments formant les gisements miniers, ainsi que leur concentration et leur migration subséquentes.

Prospection géochimique

Cette spécialité est maintenant largement utilisée; l'activité devrait y doubler au cours des cinq prochaines années, mais son utilisation en prospection pétrolière est négligeable. L'enseignement et la recherche fondamentale sont en retard. La Commission recommande **l'établissement d'un institut pour l'enseignement et la recherche en géochimie appliquée**, qui serait subventionné par les industries minières, l'industrie pétrolière et le gouvernement fédéral

Géochimie des phases de minéralisation

Les recherches sur la minéralisation sous haute température et forte pression sont en augmentation et cette progression continuera au cours des cinq prochaines années, surtout dans le secteur public et universitaire. On devrait entreprendre des recherches sur les processus de minéralisation sous basse température et faible pression. La Commission recommande **qu'on concentre les recherches dans 3 centres spécialisés plutôt que dans dix universités et qu'on crée un institut interdisciplinaire de recherche sur les matériaux.**

Chimie analytique

Le niveau actuel de R et D est satisfaisant mais il est nécessaire d'assurer une meilleure offre de personnel spécialisé.

Traitement des données

On y prévoit un développement rapide au cours des cinq prochaines années, le personnel devant tripler et les dépenses quadrupler. La Commission recommande **que les géochimistes reçoivent une formation en statistique et en informatique au 1^{er} cycle (sous-gradués) et au 2^e cycle (diplômés), et que les techniciens reçoivent un enseignement spécialisé dans les instituts techniques et les écoles professionnelles.**

Enseignement et recherche en géochimie

La Commission a conclu qu'il y avait des lacunes évidentes en géochimie organique (pétrole et charbon), en chimie spatiale, en chimie des eaux douces, en chimie atmosphérique et en prospection géochimique.

En ce qui concerne la proposition maintes fois formulée de création d'un institut national de géochimie, la Commission propose **d' étoffer en ce sens une des divisions de la Commission géologique du Canada** qui a de nombreuses années d'expérience en ce domaine.

IV.20 Publications et services de documentation

Les publications et les services de documentation chimique répandent les résultats de la R et D, en même temps qu'ils constituent une banque de données sur laquelle les travaux de R et D futurs pourront s'appuyer.

Durant l'année 1965 les services de «Chemical Abstracts» ont analysé 10 850 revues et périodiques scientifiques. Néanmoins, la Commission n° 20, a estimé que le prestige de la science, le souci de tirer parti de nos investissements en R et D, la mise en route de réunions et de conférences scientifiques, la promotion et le soutien des travaux scientifiques canadiens étaient des raisons suffisantes pour justifier sa recommandation **que le Canada continue à étendre son programme de publication des revues scientifiques dans le domaine de la chimie et du génie chimique**. Ces revues devraient être intégrées aux systèmes d'information internationaux et se conformer aux normes internationales. Toutes les bibliothèques canadiennes importantes devraient s'abonner à ces revues. En raison des dépenses importantes qui en résulteraient, il faudrait examiner à fond la possibilité de centraliser la production des revues scientifiques de recherche.

En ce qui concerne l'analyse et l'indexation des articles de revues, toutefois, la Commission n° 20 recommande **que le Canada participe à l'amélioration et à l'extension des services qui existent mais n'entreprenne pas la publication d'un bulletin analytique**.

Dans le domaine des services de recherche documentaire, la Commission n° 20 recommande **que les bibliothèques se servant d'ordinateurs pour le bénéfice des cercles scientifiques s'abonnent à des services d'analyse sur bandes magnétiques et similaires**. La Bibliothèque nationale scientifique devrait également publier les résultats de ses expériences de recherche automatique de documentation et les programmes élaborés pour ces travaux.

Enfin, étant donné que d'autres pays fournissent des subventions pour la publication de monographies scientifiques et que beaucoup d'articles de Canadiens sont inclus dans des monographies ou textes publiés dans d'autres pays, la Commission n° 20 recommande **qu'on examine les possibilités d'encourager la publication d'ouvrages techniques (monographies, etc) au Canada**.

Chapitre V

SECTEURS NÉGLIGÉS ET FACTEURS DE LIMITATION DE LA R ET D EN CHIMIE

Nous avons signalé, au chapitre III.2, que les correspondants des secteurs industriel et public avaient été invités à mentionner les difficultés de recrutement du personnel et de fourniture d'équipement et de services d'informatique. Les réponses sont résumées dans le tableau n° 11.

De plus, les questionnaires destinés aux correspondants des ministères et des universités et instituts de recherche leur demandaient des remarques générales, tandis que les rapports des commissions fournissaient également de nombreuses remarques à la fois générales et particulières sur les secteurs négligés et les facteurs de limitation de l'efficacité des travaux de R et D en chimie réalisés au Canada, et sur leur nombre.

On a pris en considération toutes les remarques provenant tant des questionnaires que des commissions pour l'élaboration des conclusions générales du chapitre IV et du résumé des recommandations précédant le chapitre 1. Il serait trop long de publier leur texte in-extenso, tel qu'il a été déposé au Conseil des sciences; en voici le résumé ci-dessous.

V.1 Remarques contenues dans les questionnaires

Industrie

Le questionnaire destiné aux sociétés industrielles sollicitait des remarques sur l'influence de facteurs tels que les conditions économiques, la taille de la firme, les droits de douane, les brevets, etc., sur la R et D. Cinquante-huit des 185 réponses de l'industrie contenaient 152 remarques dont 65 traitaient des facteurs limitant la R et D au Canada et 87 faisaient des recommandations. Le tableau n° 21 (A et B) énumère ces différents facteurs et recommandations. Les recommandations les plus fréquentes étaient les suivantes: que le gouvernement accorde directement des subventions et des contrats à l'industrie; qu'il y ait un plus grand nombre d'instituts de R et D; qu'une direction globale s'attache davantage aux résultats pratiques et aux intérêts nationaux; qu'on augmente la collaboration entre le secteur public, les industries et les universités; que les droits et taxes sur les principaux matériaux et outillages de R et D soient supprimés. Il faudrait étendre les programmes d'encouragement par dégrèvement fiscal à toutes les formes de R et D, et non seulement à celles qui donnent des profits; il faudrait moderniser la diffusion de l'information technique et scientifique.

Universités et instituts

Les réponses des correspondants remplissant les questionnaires destinés aux universités et aux instituts devaient indiquer les domaines de force et de faiblesse de leurs universités et énumérer les facteurs limitant l'effort de recherche, à leur avis. Les remarques (83 sur 114 réponses) figurent au tableau n° 22. Ces remarques ont été transmises aux commissions d'étude et déposées au Conseil des sciences, mais elles étaient si variées qu'aucune schématisation n'est possible. Les facteurs mentionnés le plus souvent (personnel qualifié, équipement, locaux et capitaux) semblaient refléter en général le besoin d'un soutien global.

V.2 Remarques des commissions

La tableau n° 23 essaie de compléter les réponses aux questions spécifiques contenues dans les questionnaires destinés aux secteurs industriel et public, telles qu'elles sont résumées au chapitre III, tableaux n° 11, A et B. Le tableau n° 23 classe les remarques concernant les secteurs négligés, le manque de personnel ou d'équipement suivant la fréquence de leur mention.

Tableau n° 21.—Remarques contenues dans les questionnaires renvoyés par les sociétés industrielles

A) Facteurs limitant l'efficacité et le montant de la R et D en chimie au Canada

Facteurs	Nombre de réponses les mentionnant
1) Types de R et D	
a) Déséquilibre entre recherche fondamentale, appliquée et développement technique	6
b) Orientation intéressée de la recherche des secteurs public et universitaire	6
c) Déséquilibre entre secteurs universitaire, public et industriel	2
2) Impôts et droits de douane	
a) Droits sur les matériaux et instruments destinés à la R et D	7
b) Protection douanière trop faible	2
c) Manque de coordination entre les taxes aux différents niveaux de gouvernement	2
3) Facteurs économiques	
a) Niveau des profits actuels et en puissance, influencés par la politique fiscale; compression des prix de revient; argent rare	5
b) Mainmise et direction étrangères et possibilités limitées	5
c) Commercialisation et marchés	3
d) Importance de la firme	2
e) Augmentation des coûts de R et D (6% par an)	1
f) Augmentation de la concurrence étrangère	1
4) Difficulté de se procurer	
a) des effectifs de R et D qualifiés (matières plastiques, textiles etc.)	6
b) des instruments ou des matériaux spéciaux	3
c) de la documentation (statistique concernant les marchés, etc.)	2
d) Il existe de grandes différences salariales avec les États-Unis dans le domaine de la R et D	1

Tableau n° 21.—Remarques contenues dans les questionnaires renvoyés par les sociétés industrielles

A) Facteurs limitant l'efficacité et le montant de la R et D en chimie au Canada (suite)

Facteurs	Nombre de réponses les mentionnant
5) Secteurs négligés	
a) Mines et métallurgie	4
b) Produits organiques industriels (produits pharmaceutiques, polymères, pâte à papier, papier, produits adhésifs)	3
c) Physique industrielle (fortes pressions et hautes températures, catalyse)	2
d) Combustibles	1
e) Aliments (produits laitiers)	1

Source des données: réponses des firmes industrielles au relevé de l'Étude Statistique.

Tableau n° 21.—Remarques contenues dans les questionnaires renvoyés par les sociétés industrielles

B) Recommandations pour l'augmentation de l'efficacité des travaux de R et D en chimie au Canada, et de leur nombre

Recommandations	Nombre de réponses les mentionnant
1) Organisation nationale	
a) Augmenter le nombre des instituts de R et D (chimie des aliments, chimie appliquée du bois), 2; instruments, 3; arts graphiques, 1; principaux domaines industriels, 1; chimie de la lignine et de l'écorce, microbiologie du bois, 1; chimie des textiles, 1; chimie organique industrielle, 1.	12
b) Meilleure direction globale (résultats pratique intérêts nationaux)	9
c) Augmenter la coopération en R et D entre les secteurs industriel, public et universitaire	9
d) Plus de R et D en coopération	1
e) Responsabilité du Conseil des sciences	1
f) Examiner les résultats pratiques de la R et D du C.N.R.C.	1
2) Imposition	
a) Éliminer les impôts et les droits grevant l'équipement et les matériaux des grands programmes de R et D	7
b) Continuer les encouragements par dégrèvements fiscaux	4
c) Augmenter et prolonger les encouragements par dégrèvements fiscaux pour tous les travaux de R et D sans but lucratif	4
d) Supprimer les dégrèvements d'impôts pour les travaux hors du Canada	1
e) Changer l'article 120 du Code douanier	1
3) Effectifs	
a) Augmenter le nombre de diplômés dans la fabrication des produits pharmaceutiques, du verre et de la céramique, la chimie des polymères, la chimie des adhésifs	4
b) Augmenter le nombre de diplômés s'intéressant à l'industrie et diminuer le nombre de détenteurs de doctorats	3
c) Augmenter le nombre de détenteurs de doctorats en génie chimique	2
d) Augmenter le nombre des femmes chimistes	1
e) Davantage de stages de spécialisation (région de Toronto)	1
f) Davantage de documentation pour les écoles secondaires	1
4) Question économiques	
a) Subventions et contrats directs entre le secteur public et l'industrie	13

**Tableau n° 21.—Remarques contenues dans les questionnaires
renvoyés par les sociétés industrielles**
**B) Recommandations pour l'augmentation de l'efficacité
des travaux de R et D en chimie au Canada et de leur nombre (suite)**

Recommandations	Nombre de réponses les mentionnant
b) Renforcer le système des brevets	2
c) Revoir la politique économique du gouvernement	1
d) Étudier les droits de douane et les questions économiques	1
e) Étudier le problème des petits établissements se trouvant dans des régions éloignées	1
f) Accélérer l'intégration économique et politique du Canada aux États-Unis	1
5) Information	
a) Moderniser la diffusion de l'information scientifique et techni- que	3
b) Statistiques du BFS plus détaillées pour faciliter les études de commercialisation	1
c) Acheter davantage de technologie à l'étranger	1
d) Davantage d'information sur l'origine des matériaux de R et D	1

**Tableau n° 22.—Remarques relevées dans les questionnaires
renvoyées par les universités et instituts de recherches**
Facteurs limitant la recherche

Facteurs	Nombre de réponses contenant ces remarques
Personnel qualifié	17
Équipement (surtout l'équipement important)	14
Locaux	11
Capitaux permettant l'expansion	9
Techniciens	5
Étudiants diplômés	4
Absence d'un institut de recherche	1
Insuffisance de la R et D appliquée	1

Source des données: réponses des universités au relevé de l'Étude statistique.

Tableau n° 23.—Remarques provenant des rapports des commissions
A) Sur les catégories de R et D négligées
(Personnel et installations)

	Mentionné par la Commission n°
a) il faudrait plus d'efforts de R et D	
—Utilisation d'instruments modernes	1
—Verre et céramique. Chimie de l'état solide	2
—Métallurgie appliquée, métallurgie chimique, recherche indus- trielle	3
—Chimie organique industrielle	4
—Utilisation du charbon dans la métallurgie, chimie du pétrole, géochimie organique, lubrification, combustion, recherche de base en peinture	5
—Recherche sur les médicaments	6
—Nouveau monomères et polymères, complexes polymères in- téressant la biologie, composés organométalliques, fluorocar- bones, composés organiques phosphorés, silicones	7

Tableau n° 23.—Remarques provenant des rapports des commissions

**A) Sur les catégories de R et D négligées
(Personnel et installations) (suite)**

	Mentionné par la Commission n°
—Développement global de la R et D sur le papier et la pâte à papier (13 catégories énumérées)	8
—Polymères fibrogènes, teinture et apprêt; méthodes de formation structurale des textiles, recherche sur le cuir	9
—Catalyse, chimie physique et polymères	10
—Thermodynamique, chimie des colloïdes et échange ionique	11
—Radiochimie appliquée	12
—Forte augmentation de l'effort général spécialement pour le génie électrochimique	13
—Recherche fondamentale sur les flammes et les explosions; les réactions entre eau et métal en fusion; chimie des sels fondus; chimie des basses et hautes températures; aménagement des richesses canadiennes surtout dans le Nord	14
—Spectroscopie laser; spectre Raman et rayonnements moléculaires; mécanique statistique et théorie des vitesses de réaction	15
—Sciences des aliments; recherche, génie, évaluation, R et D sur les aliments et les boissons; génie biologique; dégradation de la cellulose; fixation de l'azote à la chaîne protéique par les micro- organismes; les algues dans l'alimentation; culture de tissus pour les besoins alimentaires; aspects biochimiques de la recherche sur les parasitocides	16
—Biochimie des plantes; biochimie hospitalière; biochimie appliquée dans l'industrie; R et D en biochimie hors du domaine médical	17
—Davantage de R et D en génie chimique appliqué en particulier pour les industries primaires	18
—Moraines de fond et argiles à blocaux; traits fondamentaux des gisements miniers; bassins houillers canadiens et leurs sédiments sus et sous-jacents; la géochimie et ses applications (en particulier à la prospection pétrolière); données géochimiques sur les roches sédimentaires, les processus et les matériaux superficiels; données sur les impuretés des eaux naturelles; recherche chimique sur les sources chaudes et froides; biosynthèse géochimique; traite- ment des données	19
—Édition de monographies canadiennes et textes sur la chimie	20
b) il faudrait une meilleure formation du personnel	
—Plus de diplômés universitaires et de personnel hautement qualifié	1
—Diplômés d'université — technologues	2
—Diplômés d'université	3
—Centres d'instruments dans tout le pays	4
—Spécialisation dans le domaine des combustibles et des lubrifiants	5
—Des chimistes pour la recherche sur les lipides, les stéroïdes, les antibiotiques, et les polypeptides, des biologistes pour l'évalua- tion des substances à action physiologique, des techniciens en chimie organique	6
—Spécialisation d'étudiants du 1 ^{er} cycle et de diplômés en chimie des polymères	7
—Plus d'étudiants du 1 ^{er} cycle et de diplômés en technologie des pâtes à papier et papier	8
—Personnel spécialisé en chimie des cuirs	9
—Diplômés, titulaires de diplômes supérieurs et techniciens	10
—Ingénieurs en électrochimie	13
—Personnel spécialisé pour le verre et la céramique, et formé à la thermoélectricité	14

Tableau n° 23.—Remarques provenant des rapports des commissions

**A) Sur les catégories de R et D négligées
(Personnel et installations) (suite)**

	Mentionné par la Commission n°
—Scientifiques et techniciens des aliments répondant aux besoins du Canada et du monde. Techniciens agricoles	16
—Titulaires de diplômes supérieurs en chimie atmosphérique, étudiants du 1 ^{er} cycle en chimie des eaux souterraines, personnel spécialisé en chimie analytique	19
c) il faudrait plus d'installations	
—Source canadienne d'échantillons normatifs pour les analyses . . .	1
—Location d'équipement perfectionné	2
—Caméra ultra-rapide pour la recherche sur les explosifs	5
—Centres d'instruments	6
—Installations d'essais communes pour les polymères	7
—Équipement important, équipement pour l'évaluation des polymères	10
—Centres de spécialisation	11
—Installation d'irradiation par impulsions	12
—Centres spécialisés	14
—Spectromètres automatiques à rayons X. Installation pour diffraction d'électrons et de neutrons; ordinateur géant	15
—Centres de recherches sur les aliments	16
—Centres de recherche biochimique importants	17

Tableau n° 23.—Remarques provenant des rapports des commissions

B) Sur les besoins en équipement important et besoins précis

	Mentionné par la Commission n°
—Encouragement du gouvernement fédéral pour le traitement et la transformation au Canada des matières brutes canadiennes	3
—Plus de statistiques détaillées du BFS sur la métallurgie chimique et physique	3
—Étude de la possibilité de créer des centres d'instruments	4
— Un centre de recherche pour les études-pilotes sur les combustibles	5
—Outillage et personnel pour l'étude des phénomènes d'explosion en particulier une caméra ultra-rapide	5
—Une installation centrale d'évaluation des polymères	7
—Un institut pour la catalyse et la chimie des surfaces	10
—Un institut de données thermodynamiques	11
—Un appareillage pour la radiolyse par impulsions	12
—Un centre d'information central sur l'électrochimie	13
—Un très grand ordinateur	15
—Équipement important de spectroscopie	15
—Un centre interdisciplinaire pour les recherches sur les aliments	16
—Une installation permettant les essais à grande échelle des propriétés physiologiques des aliments nouveaux	16
—Des instituts biochimiques interdisciplinaires	17
—L'établissement d'un organisme nouveau ne possédant pas lui-même de laboratoires, chargé d'étendre la recherche appliquée et le développement technique dans les domaines d'intérêt national	18
—Un institut pour l'enseignement et la recherche appliquée en géochimie	19
—Des subsides pour la publication au Canada, par des auteurs canadiens, de monographies, de manuels de chimie, etc.	20

Chapitre VI

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Les 20 commissions et l'Étude statistique ont embrassé un très large champ de R et D en chimie. Il s'agit plutôt là de science aux faibles plutôt qu'aux vastes moyens et on y réalise beaucoup de petits projets mais peu de très importants. Les quelques grands projets rencontrés, par exemple «Nuclear Research Est.» de l'Énergie atomique du Canada limitée à Whiteshell, Man., n'ont été analysés que pour leurs aspects de R et D en chimie. En conséquence, les rapports des commissions figurant au chapitre IV méritent d'être soigneusement examinés et il faut tenir compte des recommandations de chaque commission en fonction du contexte pertinent.

Cependant, certaines des conclusions de l'étude s'appliquent assez largement mais non à tous les secteurs étudiés. Il s'agit du niveau actuel de l'activité de R et D en chimie au Canada et des perspectives pour le proche avenir et on peut en tirer quelques recommandations générales.

VI.1 La R et D industrielle

Niveau actuel de la R et D en chimie

On compare habituellement les niveaux de R et D canadienne à ceux des États-Unis qui ont dépensé 3.4% de leur Produit national brut (639 milliards de dollars) pour la recherche et le développement technique au cours de l'année fiscale 1963-1964.

En 1963, le Canada y a consacré environ 1% de son PNB (43.5 milliards). En comparant ces montants, on a d'abord pensé que la prédominance commerciale des États-Unis était due à cet investissement relativement important en R et D et on a attribué l'effort proportionnellement plus faible de R et D canadienne au fait que beaucoup de ses industries appartenaient à des sociétés étrangères.

Une réflexion plus approfondie a montré que c'était là une conclusion un peu simpliste. On peut rattacher à peu près soixante pour cent des importantes dépenses de R et D des États-Unis à deux budgets touchant la politique nationale: les programmes d'armement nucléaire et de l'espace, provoquant une considérable augmentation des fonds publics allant à l'industrie par l'intermédiaire de contrats de R et D. Sans aucun doute, ce fait a aussi d'importantes conséquences au point de vue commercial. Cependant, on ne peut attribuer le succès commercial à un seul facteur, soit celui de la R et D, et exclure de nombreux autres facteurs importants tels que les dimensions du marché intérieur, les techniques de gestion, les dommages de guerre, etc. Le

Japon par exemple, a obtenu des résultats commerciaux extraordinaires en se fondant en grande partie sur l'importation de technologie nouvelle sous licence.

Bien que les sociétés entre des mains étrangères puissent parfois constituer un facteur de restriction des dépenses de R et D, cet inconvénient est compensé en grande partie par l'apport technologique des États-Unis et d'autres pays à un coût relativement peu élevé. De plus, des facteurs autres que la nationalité des propriétaires tendent à limiter les dépenses de R et D au Canada. Ce sont en particulier l'étroitesse du marché intérieur et la faible taille des firmes.

Les statistiques montrent que la plus grande partie des travaux de R et D est accomplie par les grandes sociétés. En 1965, par exemple, 65% des dépenses de R et D de l'industrie américaine ont été payées par les firmes y consacrant plus de 100 millions annuellement, tandis que les firmes dépensant moins de 50 000 dollars pour la R et D ont assumé moins d'un demi pour cent du total. Ce fait illustre l'affirmation selon laquelle un programme de recherches exige au moins 100 000 dollars par an pour être viable; s'il représente seulement 1% du chiffre d'affaires, soit approximativement 2% de la valeur ajoutée, il faut que la firme fasse un chiffre d'affaires annuel de 10 millions pour permettre la réalisation d'un tel programme. En dépit de cette affirmation, les petites firmes peuvent envisager de modestes programmes avec des chances raisonnables de succès si elles font exécuter leurs recherches par d'autres organismes sous contrat. Dans un pays comme le Canada, où la proportion des petites firmes est relativement élevée, il est important de subventionner suffisamment des organismes tels que les conseils de recherche provinciaux, les fondations et les instituts de recherche appliquée, établis par le Ministère de l'Industrie.

Les dépenses de développement technique tiennent aussi une place importante dans l'industrie des États-Unis. Les dépenses de recherche fondamentale, appliquée et de développement technique y étaient proportionnelles à 1, 5 et 19 respectivement en 1965. Dans certains cas, quand un procédé nouveau est découvert au Canada, en particulier dans l'industrie chimique, le marché n'est pas assez vaste pour amortir les frais de l'installation de fabrication économiquement viable. En conséquence, ce sont les États-Unis ou tout autre pays possédant un marché en puissance plus important qui se chargent du développement technique. Si la nouveauté réussit, on peut alors alimenter le marché canadien par des importations en attendant qu'il atteigne une ampleur suffisante pour justifier la création d'une installation viable. Cette remarque est particulièrement vraie pour les raffineries de pétrole ou les usines de produits chimiques. Le décuplement du volume de fabrication peut abaisser de moitié les coûts de production.

Rapports entre les dépenses de R et D et la valeur ajoutée par la fabrication

On peut comparer les statistiques finales les plus récentes du BFS sur les valeurs ajoutées dans l'industrie canadienne avec les dépenses de R et D

pour la même année (voir le tableau n° 24), en admettant que le BFS ait réparti les firmes de la même façon dans les deux cas. Le tableau n° 24 n'englobe que les firmes dont la R et D répond à la définition de la R et D en chimie choisie pour la présente étude.

Le tableau n° 24 répartit les sociétés en 3 catégories pour 1964: les industries à R et D intensive (dans la chimie et les produits chimiques et dans les raffineries de pétrole, le pourcentage des dépenses de R et D par rapport à la valeur ajoutée est considérablement plus élevé que la moyenne nationale); celles dont les dépenses de R et D sont d'importance moyenne (parmi lesquelles on trouve les industries du caoutchouc, du papier et des métaux de 1^{ère} fusion); enfin les industries dont les dépenses de R et D sont très faibles (comprenant les industries des aliments et boissons, des textiles et les industries de minerais non métalliques). Les statistiques préliminaires pour 1965 et 1966 offrent les mêmes caractères que celles de 1964 (voir le tableau n° 20).

Tableau n° 24.—Comparaison^a entre les dépenses de R et D interne des différentes industries manufacturières et la valeur ajoutée par la fabrication — 1964

Industries	Valeur ajoutée × 1000\$	Dépenses courantes de R et D et immobilisations		Dépenses courantes de R et D	
		× 1000\$	% de la valeur ajoutée	× 1000\$	% de la valeur ajoutée
Aliments et boissons...	2 056 885	6 001	0.29	4 543	0.22
Caoutchouc.....	218 403	2 401	1.10	2 009	0.92
Cuir.....	163 812	—	—	—	—
Textiles.....	541 968	3 420	0.63	2 816	0.52
Papier.....	1 296 089	20 136	1.55	14 389	1.11
Métaux de 1 ^{ère} fusion	1 136 495	17 392	1.53	12 960	1.14
Minerais non métalliques.....	512 931	1 996	0.39	1 889	0.37
Pétrole et charbon...	286 772	18 238 ^b	6.36	8 655 ^b	3.02
Chimie et produits chimiques.....	949 649	35 864	3.77	25 891	2.73
Totaux et pourcentages.....	7 162 954	105 448	1.47	73 152	1.02

Sources des données: R et D., Cat. du BFS n° 13-527, Tableaux n° 1 et 3; valeur ajoutée: Bulletin préliminaire BFS 6509-503, Tableaux n° 1 et 2.

^a Cette comparaison n'est qu'approximative pour certaines industries car les statistiques de «valeur ajoutée» sont établies sur la base des usines alors que les statistiques de R et D: proviennent généralement des sociétés ou des entreprises dans leur ensemble. Dans le cas d'une grande entreprise pétrolière, par exemple, la valeur ajoutée pour la pétrochimie pourrait être inscrite au compte de la chimie et des produits chimiques, tandis que la R et D en pétrochimie serait inscrite au compte «pétrole». Les études indiquent que les différences sont relativement peu importantes pour les autres industries.

^b Pétrole seulement.

VI.2 Perspectives générales pour la R et D en chimie

De nombreuses commissions ont augmenté une très substantielle augmentation des dépenses de R et D dans les domaines qu'elles étudiaient. Par exemple, la Commission n° 13 (électrochimie) envisage une augmentation

d'environ 15 millions de dollars par an. Le tableau n° 24 montre que le secteur public ou les industries où la R et D est faible devraient consentir d'importantes augmentations des dépenses.

Les prévisions de dépenses courantes de R et D dans l'industrie apparaissant au tableau n° 15 ne montrent pas de grandes modifications du rapport entre les dépenses de R et D et la valeur ajoutée par la fabrication, dans l'hypothèse d'un taux d'augmentation normal du PNB durant ces années. Toutefois, l'évolution de l'économie depuis le moment où ces prévisions ont été faites montre que les prévisions étaient trop optimistes.

Dans le chapitre III.4, nous faisons allusion au grand nombre de candidats au doctorat en chimie que les facultés peuvent former. En raison du taux d'expansion limité prévu pour la R et D, cette abondance de diplômés pose un important problème. D'une part nous avons de grandes possibilités pour la formation du personnel de recherche et les commissions recommandent une forte augmentation des dépenses de R et D; d'autre part, les secteurs public et industriel ne prévoient qu'une augmentation minimale des dépenses de R et D en chimie. Les données du BFS montrent, en outre, que les industries parachimiques perdent graduellement du terrain par rapport aux industries électrotechniques, par exemple, pour le rapport des dépenses de R et D à la valeur ajoutée. Ce fait est peut-être dû à la proportion plus forte du financement consenti par les pouvoirs publics.

Au cours de ces dernières années, le développement rapide de l'enseignement supérieur a absorbé la plupart des nouveaux détenteurs de doctorat, mais il en a résulté une augmentation des étudiants préparant leur thèse, concourant ainsi aux excédents possibles. Dans le passé, de telles pressions étaient faibles: on y remédiait par l'émigration, principalement vers les États-Unis; toutefois, cette porte de sortie pourrait se fermer à l'avenir à cause des restrictions des dépenses de R et D qu'on adopte à l'étranger.

La solution la plus heureuse serait d'employer ces effectifs de R et D disponibles à la réalisation de projets qui augmenteront notablement le PNB canadien. Le prestige scientifique international et la recherche de la connaissance pour elle-même sont des objectifs méritoires mais leur poursuite doit s'appuyer sur un taux suffisant d'accroissement du PNB.

Dans notre régime de libre concurrence (et le secteur de l'industrie chimique est fortement compétitif) les firmes ne peuvent se permettre d'entreprendre des programmes de R et D (même avec diverses subventions de l'État) que si la recherche se révèle profitable financièrement. En conséquence, bien qu'une étude générale des droits de douane et des brevets soit nettement hors de notre cadre, il faut signaler que certaines réponses des firmes industrielles au questionnaire soulevaient ces problèmes. Certaines signalaient que quelques modifications aux tarifs douaniers restreignaient la protection automatique accordée jusqu'ici à un produit nouveau au Canada. Il a été également observé que la suppression proposée de la protection des produits pharmaceutiques par des brevets pourrait décourager les efforts de R et D des firmes qui accom-

plissent maintenant une grande partie de la R et D actuelle en chimie au Canada.

Comme les capitaux dont on dispose au Canada pour la R et D en chimie sont limités, il est évident qu'il faut les employer aussi efficacement que possible et les données concernant les traits particuliers de la R et D sont par conséquent d'un intérêt particulier.

Données sur les traits particuliers de la R et D

Le tableau n° 7 donne le montant total des dépenses courantes pour la recherche fondamentale, la recherche appliquée et le développement technique en chimie indiquées par les réponses aux questionnaires. Normalement, cet effort de recherche fondamentale devrait susciter davantage de recherches appliquées et de développement technique. Les commissions ont aussi remarqué que les encouragements à la recherche fondamentale sont couronnés de succès, mais qu'il serait nécessaire d'accorder plus d'attention à la recherche appliquée et au développement technique si l'on veut retirer le maximum d'avantages économiques de nos efforts.

Dans le même ordre d'idées, il faudrait bien remarquer que l'expression «R et D» néglige une démarche très importante qui se situe entre la recherche et le développement pour que toute innovation soit possible: il n'agit de l'invention.

On estime généralement que non seulement on n'a pas accordé assez d'importance à la chimie appliquée mais encore qu'il s'est créé une ambiance favorisant la recherche pure et décourageant les travaux de recherche appliquée. Cet état de choses pourrait être modifié si le Conseil national de recherches encourageait la recherche industrielle et si la Société Royale du Canada reconnaissait officiellement sa valeur.

VI.3 Caractères généraux de la R et D en chimie au Canada

La R et D en chimie est caractérisée par une rigidité et un défaut de coordination qui provient de l'absence d'une politique scientifique générale. Nous avons déjà signalé qu'aux États-Unis le programme national d'armement nucléaire et les activités spatiales constituaient un objectif général pour les scientifiques. Le gouvernement des États-Unis a largement financé ces programmes de telle sorte que toutes les institutions et tous les organismes se sont trouvés entraînés dans le mouvement.

Au Canada, on n'a pas élaboré de politique scientifique générale clairement décrite. Il y a quelques années, le Conseil national de recherches décida de renforcer l'effort de recherche dans le secteur universitaire, particulièrement en sciences fondamentales, et tout le monde reconnaît que les résultats ont été très satisfaisants. Quoi qu'il en soit, les rapports des commissions et les observations provenant de nombreuses autres sources indiquent qu'il y a trop peu d'échanges et de coordination entre les secteurs industriel, public et universitaire. Il apparaît que chacun de ces trois secteurs de R et D a tendance à suivre

sa propre voie à la fois en général et dans les domaines particuliers qui intéressaient les commissions.

Le tableau n° 8 illustre ce fait en établissant le contraste entre le large intérêt que l'industrie porte aux polymères, et le manque d'intérêt de la part des organismes publics et des universités. On peut comparer cette situation à celle qui existait durant la 2^e guerre mondiale, quand le besoin urgent de caoutchouc synthétique a obligé la conjugaison des efforts de l'industrie, du secteur public et des universités. On pourrait rétorquer que les polymères ont maintenant atteint un stade tel qu'ils offrent peu d'intérêt pour la recherche fondamentale, mais ceci ne signifie-t-il pas que les départements de génie chimique devraient prendre la relève?

Au Canada, une autre tendance relevée par les commissions fait qu'un trop grand nombre d'universités choisissent des sujets de recherche dans les mêmes domaines, de telle sorte que l'effort de recherche national est dispersé; d'où découle la fréquente recommandation de créer des centres et des instituts de recherche.

VI.4 Soutien gouvernemental à la R et D

Tout le monde admet que le soutien actuel à la R et D dans l'industrie est très utile, mais l'industrie elle-même exprime des préférences pour une simplification des méthodes pour des subventions directes et une suppression des préoccupations d'accroissement.

Étant donné qu'il existe au Canada un grand nombre de firmes de faible importance qui estimeraient difficile ou périlleux de financer seules des projets de recherche, on devrait s'attacher à encourager toutes les formes de recherche en collaboration ou sous contrat. Nous avons au Canada un type d'instituts de recherches travaillant sous contrat: ce sont nos fondations et conseils de recherche provinciaux, qui ont réussi à trouver les moyens de travailler en accord étroit avec l'industrie. Ils devraient recevoir un soutien plus important. L'idée de former des instituts de recherche appliquée au sein des universités paraît prometteuse et mérite également d'être soutenue.

Les associations de recherche ou les groupes de recherche en collaboration n'ont pas bien réussi au Canada, à l'exception de l'Institut des recherches sur les pâtes à papier et les papiers, et il est intéressant d'observer que certaines associations britanniques de recherche entreprennent maintenant des recherches sous contrat.

Appendice

Annexe I

LISTE DES ABRÉVIATIONS UTILISÉES DANS LE RÉSUMÉ DU RAPPORT ET DANS LES RAPPORTS DES COMMISSIONS

CCEA	— Commission de contrôle de l'énergie atomique
ÉACL	— L'Énergie atomique du Canada, limitée
CASCC	— Comité de coordination des services de l'agriculture
ICC	— Institut de chimie du Canada
CARDE	— Centre canadien de recherche et de perfectionnement des armes
BFS	— Bureau fédéral de la statistique
DDSP	— Programme de partage des frais des recherches pour la Défense
DIR	— Recherche industrielle pour la Défense
DRB	— Conseil de recherches pour la Défense
DRTE	— Établissement de recherches sur les télécommunications de la Défense
EJC	— Electrochemical Junction Centre
FAO	— Organisation des Nations-Unies pour l'alimentation et l'agriculture
GIRD	— Soutien général de la recherche
PNB	— Produit national brut
ING	— Générateur à flux intense de neutrons
IRAP	— Programme de soutien de la recherche industrielle
IRDIA	— Loi sur le Soutien de la recherche et du développement industriel
CNRC	— Conseil national de recherches du Canada
NSF	— National Science Foundation (É.-U.)
OCDE	— Organisation pour la coopération et le développement économique
PAIT	— Programme pour l'avancement de la technologie industrielle
R et D	— Recherche et Développement technique
TRIUMF	— Programme interuniversitaire du générateur de mésons
R.-U.	— Royaume-Uni
É.-U.	— États-Unis d'Amérique
WHO	— Organisation mondiale de la Santé.

Annexe II

MANDAT DE LA COMMISSION

(Convention de date du 1^{er} novembre 1966)

L'Institut de chimie du Canada préparera une étude sur la recherche et le développement technique en chimie au Canada (désignés ci-dessous sous le nom de "recherche en chimie"). Il établira un relevé aussi complet que possible des lieux de travail et des emplois de tous les chimistes professionnels pour parachever l'étude.

L'étude devra consister principalement en une revue d'ensemble complète de la recherche en chimie dans les universités, l'industrie et les laboratoires du secteur public du Canada; elle déterminera dans quelle mesure cette recherche est subventionnée par les finances publiques et les capitaux privés, le lieu de réalisation et le sujet des travaux importants, l'importance relative aux points de vue scientifique, économique et social des principales activités de la recherche en chimie (à diviser en rubriques établies d'un commun accord), ainsi que leur équilibre relatif en veillant surtout à déceler les lacunes importantes, l'avenir de la recherche en chimie au Canada, avec des recommandations sur les objectifs à atteindre au cours des cinq prochaines années.

Les responsables de cette étude n'auront pas à procéder à une revue générale de la main-d'œuvre, mais devront utiliser les résultats du plus récent rapport sur la main-d'œuvre établi par le Ministère de la Main-d'œuvre et de l'Immigration.

Un premier jet du rapport sera soumis au Secrétariat des sciences au plus tard le 30 novembre 1967. Le groupe d'étude n'aura pas à fournir autre chose que ce premier jet dactylographié.

L'Institut de chimie du Canada nommera un Directeur d'étude et des présidents pour les sous-groupes étudiant les spécialités; ces groupes pourront envoyer des questionnaires, solliciter des exposés, tenir des auditions ou des réunions d'information. Les subdivisions de la chimie embrassés par cette étude seront les suivantes (la division détaillée en différentes rubriques se fera par accord entre les parties contractantes):

Chimie analytique

Chimie minérale

Chimie organique

Chimie physique

Chimie agricole et alimentaire

Biochimie

Génie chimique

La chimie dans les sciences de la Terre et les domaines connexes.

Annexe III

MEMBRES DU COMITÉ DE DIRECTION

Président

le D^r M. Adelman, Chef du département de génie chimique et doyen associé de l'École d'enseignement supérieur, Université de Windsor, Windsor, Ontario.

Secrétaire

M. T.H.G. Michael, Directeur général, Institut de chimie du Canada, Ottawa, Ontario.

Membres

le D^r R. M. Butler, Chef du Service de mise au point des méthodes spéciales, Division d'ingénierie, Imperial Enterprises Ltd., Sarnia, Ontario.

le D^r P. A. Giguère, Faculté des sciences, Université Laval, Québec, P.Q.

le D^r J. W. Hodgins, doyen de la Faculté de génie, Université McMaster, Hamilton, Ontario.

le D^r R. H. Manske, directeur retraité du service de recherche, Uniroyal Ltd., Guelph, Ontario.

le D^r W.A.E. McBryde, doyen de la Faculté des sciences, Université de Waterloo, Waterloo, Ontario.

le D^r B. B. Migicovsky, directeur général (Instituts), Direction de la recherche, Ministère de l'Agriculture, Ottawa, Ontario.

le D^r I. E. Puddington, directeur, Division de chimie appliquée, Conseil national de recherches, Ottawa, Ontario.

le D^r H. S. Sutherland, vice-président, Gulf Oil Canada, Ltd., Montréal, P.Q.

M. A.O. Wolff, vice-président, Northern Electric Limited, Montréal, P.Q.

Annexe IV

MEMBRES DES COMMISSIONS

(avec leurs attaches au moment de la nomination)

Commission

n° 1 — *Président*: le Dr W.A.E. McBryde, doyen de la Faculté des Sciences, Université de Waterloo, Waterloo, Ont.

Membres: M. R.B. Carson, chef du service de recherche en chimie analytique, Ferme expérimentale centrale, Ottawa, Ont.; le Professeur A. Corsini, Département de chimie, Université McMaster, Hamilton, Ont.; M. D.S. Russell, Division de chimie appliquée, Conseil national de recherches, Ottawa, Ont.; M. G.W. Taylor, Division du caoutchouc, Polymer Corp. Ltd., Sarnia, Ont.

n° 2 — *Président*: le Dr N.F.H. Bright, Division des mines, Ottawa, Ont.

Membres: le Professeur R. Rivest, Département de chimie, Université de Montréal, Montréal, P.Q.; le Dr J.B. Taylor, Division de chimie appliquée, Conseil national de recherches, Ottawa, Ont. M. A.D. Turnbull, 3614 Cadboro Bay Road, Victoria, C.-B.

n° 3 — *Président*: M. A.D. Turnbull, 3614 Cadboro Bay Road, Victoria, C.-B.

Membres: M. R.C. Bell, directeur du Service de recherches techniques, Cominco Ltd. Trail, C.-B.; le Dr N.F.H. Bright, Direction des mines, Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa, M. V.N. Mackiw, Directeur, Division de R et D, Sherritt Gordon Mines Limited, Fort Saskatchewan, Alberta; le Dr E. Peters, Professeur agrégé, Département de métallurgie, Université de la Colombie-Britannique, Vancouver, C.-B.; le Dr W.R. Trost, Vice-président (questions universitaires) Université de Calgary, Calgary, Alberta.

n° 4 — *Président*: le Dr R. Stewart, Département de chimie, Université de la Colombie-Britannique, Vancouver, C.-B.

Membres: le Dr A.S. Perlin, Laboratoire régional des Prairies, Conseil national de recherches, Saskatoon, Sask.; le Dr P. Yates, Département de chimie, Université de Toronto, Toronto, Ont.

n° 5 — *Président*: le Dr D.S. Montgomery, Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa, Ont.

Membres: M. C.H. Bayley, 425 Hinton Avenue, Ottawa, Ont.; le Dr N. Berkowitz, chef du service de recherche sur les charbons, Conseil des recherches de l'Alberta, Edmonton, Alberta; M. A. Darling, Laboratoires de recherche sur les explosifs, Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa, Ont.; M. M.L. Staples, Directeur, Département des textiles, Fondation des recherches de l'Ontario, Sheridan Park, Ont.; M. D.A. Stevenson, Laboratoires de recherche sur les explosifs, Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa, Ont.; le Dr J.W. Tomecko, Directeur de l'Institut de recherche industrielle, Université de Waterloo, Waterloo, Ont.; le Dr R.B. Whyte, Conseil national de recherches, Ottawa, Ont.; M. C.J. Warrington, Institut de chimie du Canada, Ottawa, Ont.

n° 6 — *Président*: le Dr A. Davis, Ayerst, McKenna & Harrison Ltd., Montréal, P.Q.

Membres: le Dr W.A. Ayer, Département de chimie, Université de l'Alberta, Edmonton, Alberta, le Dr R. Greenhalgh, Centre de recherches chimiques, biologiques et radiologiques pour la Défense, Conseil des recherches pour la Défense, Ottawa, Ont.

- n° 7 — *Président*: le D^r H.L. Williams, Département de génie chimique, Université de Toronto, Toronto, Ont.
Membres: le D^r A.G. Brook, Département de chimie, Université de Toronto, Toronto, Ont.; le D^r H.C. Clark, chef du Département de chimie, Université Western Ontario, London, Ont.; le D^r R.J. Gillespie, chef du Département de chimie, Université McMaster, Hamilton, Ont.
- n° 8 — *Président*: le D^r D.R. Muir, Directeur du service de R et D, Columbia Cellulose Ltd., New Westminster, C.-B.
Membres: le D^r R.S. Evans, Columbia Cellulose Ltd., New Westminster, C.-B.; le D^r D.A.I. Goring, animateur du groupe de recherche, Division de chimie physique, Institut canadien de recherche sur les pâtes à papier et le papier, Pointe-Claire, P.Q.; le D^r H.B. Marshall, Directeur associé du service de recherche, Domtar, Senneville, P.Q.; le D^r H. Schwartz, Coordinateur des programmes, Produits forestiers, Ministère des Forêts et du Développement rural, Ottawa, Ont.
- n° 9 — *Président*: M. M.L. Staples, Directeur, Département des textiles, Fondation des recherches de l'Ontario, Sheridan Park, Ont.
Membres: M. C.H. Bayley, 425 Hinton Avenue, Ottawa, Ont.; M. H.C. Mersereau, adjoint au vice-président, directeur technique, Canadian Celanese Company, Montréal, P.Q.
- n° 10 — *Président*: le D^r R.A. Back, Division de chimie pure, Conseil national de recherches, Ottawa, Ont.
Membres: le D^r C.H. Amberg, Département de chimie, Université Carleton, Ottawa, Ont.; le D^r D.M. Wiles, Division de chimie appliquée, Conseil national de recherches, Ottawa, Ont.
- n° 11 — *Président*: le D^r R.B. Anderson, Département de génie chimique, Université McMaster, Hamilton, Ont.
Membres: M. J.W. Anderson, J.W. Anderson Ltd., Dundas, Ont.; le D^r A.A. Robertson, Département de chimie, Université McGill, Montréal, P.Q.
- n° 12 — *Président*: le D^r R.H. Betts, chef du Département de chimie, Université du Manitoba, Winnipeg, Man.
Membres: le D^r T.A. Eastwood, chef de la Direction des recherches chimiques, L'Énergie atomique du Canada, limitée, Chalk River, Ont.; le D^r D.A. Armstrong, chef par intérim du Département de chimie, Université de Calgary, Calgary, Alberta.
- n° 13 — *Président*: le D^r E.J. Casey, Conseil des recherches pour la Défense, Shirley's Bay, Ottawa, Ont.
Membres: le D^r P.L. Bourgault, directeur de la Division des éléments électriques, Johnson Matthey and Mallory Ltd., Toronto, Ont.; M. R. Ellison, Premier analyste, Recherche sur les marchés, Cominco, Montréal, P.Q.; le Professeur B.E. Conway, Université d'Ottawa, Ont.; le D^r W.C. Cooper, chef de la Division des recherches, Centre de recherches Noranda, Pointe-Claire, P.Q.
- n° 14 — *Président*: le D^r G.R. Finlay, directeur adjoint du service de recherches, Norton Company, Chippawa, Ont.
Membres: M. I.R. Cameron, Directeur, Élaboration des projets, Direction des services techniques, Ministère de la Défense nationale, Ottawa, Ont.; le Professeur B.E. Conway, Université d'Ottawa, Ottawa, Ont.; le Professeur J. Plamback, Université de l'Alberta, Edmonton, Alb.; le Professeur R. Stager, Université de Windsor, Windsor, Ont.
- n° 15 — *Président*: le D^r R.F.W. Bader, Département de chimie, Université McMaster, Hamilton, Ont.
Membres: le D^r C.C. Calvo, Département de chimie, Université McMaster, Hamilton, Ont.; le D^r G. W. King, Département de chimie, Université McMaster, Hamilton, Ont.

- n° 16 — *Président*: le D^r P. Sims, Institut des recherches sur les aliments, Ferme expérimentale centrale, Ottawa, Ont.
Membres: D^r E. Y. Spencer, Directeur de l'Institut de recherches sur les parasitocides, Ministère fédéral de l'Agriculture, London, Ont.; le D^r H. Hurtig, spécialiste en parasitocides, Institut de recherches sur les aliments, Ferme expérimentale centrale, Ottawa, Ont.; le D^r F.B. Johnston, Institut de recherches sur les aliments, Ferme expérimentale centrale, Ottawa, Ont.; le D^r D.P. Ormrod, Professeur agrégé, Département des sciences alimentaires, Université de la Colombie-Britannique, Vancouver, C.-B.
- n° 17 — *Président*: le D^r L. Berlinguet, Faculté de Médecine, Université Laval, Cité universitaire, Québec, P.Q.
Membres: le D^r K.K. Carroll, Université Western Ontario, London, Ont.; le D^r N.B. Madsen, Département de biochimie, Université de l'Alberta, Edmonton, Alberta; le D^r L. Sehon, Département de chimie, Université McGill, Montréal, P.Q.; le D^r L.C. Vining, Laboratoire régional de l'Atlantique, Conseil national de recherches, N.-É.
- n° 18 — *Président*: le Professeur D.S. Scott, Département de génie chimique, Université de Waterloo, Waterloo, Ont.
Membres: le D^r J. Hay, Directeur du service de R et D, Dow Chemical of Canada Ltd., Sarnia, Ont.; le D^r P.M. Reilly, Polymer Corporation Limited, Sarnia, Ont.
- n° 19 — *Président*: le D^r R.W. Boyle, chef du service de géochimie, Commission géologique du Canada, Ottawa, Ont.
Membres: D^r L.J. Cabri, Division des sciences minières, Direction des mines, Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa, Ont.; le D^r I.C. Brown, chef par intérim, Division de l'hydrologie, Direction des recherches hydrologiques, Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa, Ont.; le D^r J.S. Clark, Institut de recherches pédologiques, Ministère de l'Agriculture, Ferme expérimentale centrale, Ottawa, Ont.; le D^r D.R. Clews, vice-président, Barringer Research Ltd., Rexdale, Ont.; le Professeur J.H. Crocket, Département de géologie, Université McMaster, Hamilton, Ont.; le D^r J.A. Maxwell, chef de la section analytique, Commission géologique du Canada, Ottawa, Ont.; le D^r J.L. Sullivan, Ministère de la Santé nationale et du Bien-être social, Tunney's Pasture, Ottawa, Ont.; le D^r J.P. Tully, Office des recherches sur les pêcheries, Édifice Sir Charles Tupper, Ottawa, Ont.; le D^r R.K. Wanless, chef de la section de radiodation, Commission géologique du Canada, Ottawa, Ont.
- n° 20 — *Président*: le D^r J.E. Brown, Administrateur de la Bibliothèque scientifique nationale, Conseil national de recherches, Ottawa, Ont.
Membres: le D^r J. Morrison, rédacteur en chef, Revues canadiennes de la recherche scientifique, Conseil national de recherches, Ottawa, Ont.

Annexe V

CLASSIFICATION PAR SUJETS PRINCIPAUX⁸ CATÉGORIES DE R ET D DE L'ICC ET SPÉCIALITÉS DU MINISTÈRE DE LA MAIN-D'OEUVRE ET DE L'IMMIGRATION

200 CHIMIE ANALYTIQUE

Commission 01 — Chimie analytique

Catégorie 011 Techniques générales

- 0201 Analyse biochimique
- 0203 Analyse chromatographique
- 0204 Analyse par distillation
- 0205 Analyse électrochimique
- 0208 Analyse extractive
- 0211 Gravimétrie
- 0214 Analyse microchimique
- 0215 Radiochimie et chimie nucléaire
- 0216 Analyse qualitative
- 0217 Titrimétrie
- 0219 Autres techniques analytiques

Catégories 012 Spectroscopie

- 0200 Spectroscopie d'absorption
- 0202 Microscopie chimique
- 0206 Microscopie électronique
- 0207 Spectroscopie d'émission
- 0209 Fluorométrie, phosphorométrie et spectroscopie de Raman
- 0210 Analyse en phase gazeuse
- 0212 Spectroscopie par résonance magnétique
- 0213 Spectroscopie
- 0218 Diffraction des électrons et des rayons X
- 0219 Autres techniques spectroscopiques

210 CHIMIE MINÉRALE

Commission 02 Chimie etc.

Catégorie 021 Chimie minérale générale

- 0220 Structure atomique
- 0221 Composés du bore et du silicium; amiante, argile, verre etc.
- 0222 Carbone, germanium, plomb, étain; y compris graphite, etc.
- 0223 Composés d'addition
- 0224 Éléments à défaut d'électrons; hydrures de bore, alkyles métalliques, etc.
- 0225 Éléments électropositifs et leurs composés (métaux alcalins et alcalino-terreux)
- 0227 Hydrogène et hydrures
- 0228 Éléments de transition interne
- 0229 Minéraux utilisés comme transistors, semi-conducteurs, etc.

⁸ Les titres des sujets principaux et les numéros de code (exemple: «200 chimie analytique» et les titres des commissions sont empruntés pour la plupart à une classification du CNRC. Les titres des spécialités (exemple: «Analyse biochimique» sont empruntés au Code NSF 1966 et portent le no de code de 4 chiffres du Code du Ministère de M. et I. excepté pour la métallurgie, pour laquelle les numéros et les titres sont empruntés à l'Étude de l'ICC.

- 0231 Nomenclature et symboles
- 0232 Éléments non métalliques; halogènes, oxygène et familles des composés de l'azote; oxydants énergiques
- 0236 Synthèse des produits minéraux
- 0238 Éléments de transition
- 0239 Autres secteurs

Catégorie 022 Chimie physique minérale

- 0226 Équilibre thermodynamique des composés minéraux
- 0230 Mécanisme des réactions des minéraux; cinétique des réactions
- 0234 Théorie des solutés et des solvants
- 0235 Structure des composés minéraux; cristallographie; spectroscopie, etc.
- 0239 Autres secteurs

Catégorie 023 Chimie minérale théorique

- 0237 Modèles ioniques; théorie des champs de Ligand, théorie des orbitales moléculaires; théorie des métaux, etc.
- 0239 Autres secteurs

0059 MÉTALLURGIE

Commission 03 Métallurgie

Catégorie 031 Métallurgie

- 0301⁹ Chimie métallurgique
- 0302⁹ Physique métallurgique
- 0303⁹ Métaux extra-purs
- 0304⁹ Composés intermétalliques
- 0305⁹ Agrégats de métaux et d'éléments non métalliques

220 CHIMIE ORGANIQUE

Commission 04 Chimie organique générale et chimie physique organique

Catégorie 041 Chimie organique générale

- 0242 Chimie aliphatique
- 0246 Hydrocarbures aromatiques et dérivés
- 0254 Radicaux libres
- 0255 Composés hétérocycliques
- 0256 Hydrogénation
- 0264 Produits photosensibles
- 0272 Structure des molécules organiques
- 0277 Autres secteurs

Catégorie 042 Chimie physique organique

- 0257 Utilisation des isotopes
- 0267 Mécanismes des réactions
- 0270 Stéréochimie
- 0277 Autres secteurs

Commission 05 Combustibles, etc.

Catégorie 051 Combustibles, etc.

- 0248 Charbon
- 0252 Explosifs et propergols
- 0258 Huiles, graisses et paraffines
- 0261 Pétrole, produits pétrochimiques

⁹ no de code de l'ICC, et non du Ministère de la M. & I.

Catégorie 052 Revêtements et détergents

- 0251 Émulsions
- 0266 Revêtements de protection
- 0269 Savons, détergents, produits tensio-actifs

Catégorie 053 Teintures

- 0249 Teintures

Commission 06 Produits pharmaceutiques et substances naturelles

Catégorie 061 Produits pharmaceutiques et substances naturelles

- 0243 Alcaloïdes
- 0262 Produits pharmaceutiques
- 0274 Térébenthine et autres composés alicycliques
- 0244 Acides aminés
- 0245 Antibiotiques
- 0247 Hydrates de carbone (bases)
- 0271 Stéroïdes

Commission 07 Polymères, etc.

Catégorie 071 Élastomères, plastiques et résines

- 0250 Élastomères et produits dérivés
- 0265 Matières plastiques et résines synthétiques

Catégorie 072 Composés organométalliques

- 0259 Composés organométalliques

Catégorie 073 Chimie organique du fluor, du phosphore, du silicium et du soufre

- 0253 Composés fluorés
- 0260 Composés organiques phosphorés
- 0263 Composés du phosphore
- 0268 Composés du silicium
- 0273 Composés du soufre

Commission 08 Pâte à papier et papiers, etc.

Catégorie 081 Pâtes à papier et papiers

- 0240 Adhésifs
- 0276 Bois, papier, cellulose

Commission 09 Textiles

Catégorie 091 Textiles

- 0275 Textiles et produits connexes (cuirs)
- 0277 Autres secteurs

230 CHIMIE PHYSIQUE

Commission 10 Cinétique chimique

Catégorie 101 Cinétique chimique

- 2695 Cinétique chimique
- 2708 Dynamique moléculaire
- 2711 Photochimie et transfert d'énergie

Catégorie 102 Catalyse

- 2694 Catalyse et chimie des surfaces
- 2712 Chimie des polymères

Commission 11 Thermodynamique, etc.

Catégorie 111 Thermodynamique et états de la matière

- 2696 Chimie des colloïdes
- 2702 État gazeux
- 2705 Échange d'ions et applications
- 2716 Thermodynamique — thermochimie, équilibre de phase et des systèmes homogènes

Commission 12 Chimie nucléaire et radiochimie

Catégorie 121 Radiochimie

- 2710 Chimie nucléaire
- 2714 Radiochimie

Commission 13 Electrochimie

Catégorie 131 Electrochimie

- 2699 Electrochimie
- 2715 Chimie et l'état solide
- 2706 État liquide et solutions, électrolytes et solutions non électrolytiques

Commission 14 Chimie des fortes pressions et des hautes températures, etc.

Catégorie 141 Chimie des fortes pressions et des hautes températures, etc.

- 2700 Chimie des flammes et des explosifs
- 2701 Sels fondus
- 2703 Chimie des fortes pressions
- 2704 Chimie des hautes températures
- 2707 Études aux basses températures

Commission 15 Structure cristalline et chimie théorique

Catégorie 151 Structure cristalline et chimie théorique

- 2697 Structure cristalline
- 2698 Détermination de constantes physiques
- 2709 Énergie moléculaire et géométrie
- 2713 Théorie des quanta et des valences
- 2717 Autres secteurs

096 CHIMIE AGRICOLE ET ALIMENTAIRE

Commission 16

Catégorie 161 Chimie agricole et alimentaire

- 2600 Boissons alcooliques
- 2601 Corps gras animaux et végétaux
- 2602 Fourrages et tourteaux
- 2603 Produits de boulangerie et de confiserie
- 2604 Céréales et hydrates de carbone
- 2605 Engrais
- 2606 Essences
- 2607 Produits d'addition alimentaires
- 2608 Fruits, légumes, jus
- 2609 Viande, poissons, produits laitiers et avicoles
- 2610 Micro-organismes; bactéries, levures, algues et moisissures
- 2611 Boissons non alcooliques
- 2612 Parasitocides; insecticides, herbicides et fongicides
- 2613 Auxines
- 2614 Autres secteurs

090 BIOCHIMIE

Commission 17

Catégorie 171 Biochimie

- 2615 Acides aminés, peptides, protéines
- 2616 Antimétabolites
- 2617 Mécanismes biochimiques
- 2618 Hydrates de carbone
- 2619 Chimie médicale
- 2620 Cytochimie, histochimie
- 2621 Sécrétions endocriniennes
- 2622 Enzymes, coenzymes
- 2623 Fermentation
- 2624 Métabolisme, biosynthèse
- 2625 Phospholipides et glycolipides – huiles et graisses
- 2626 Chimie médicale
- 2627 Dégradation et synthèse microbiennes
- 2628 Chimie microbienne
- 2629 Acides nucléiques (purines, pyrimidines)
- 2630 Oncologie – carcinogénèse
- 2631 Photosynthèse
- 2632 Biochimie physique
- 2633 Stéroïdes
- 2634 Technologie – méthodologie
- 2635 Vitamines
- 2636 Autres secteurs

400 GÉNIE CHIMIQUE

Commission 18

Catégorie 181 Génie chimique

- 0278 Absorption et adsorption
- 0279 Séparation chimique
- 0280 Corrosion et protection
- 0281 Processus électrochimiques
- 0282 Chimie et économie
- 0283 Combustibles et combustion
- 0284 Écoulements
- 0285 Transmission de chaleur
- 0286 Transfert de masse
- 0287 Manutention
- 0288 Mesure et conduite des opérations
- 0289 Séparation mécanique
- 0290 Mélanges
- 0291 Phénomènes nucléaires
- 0292 Ordonnancement
- 0293 Usine-pilote
- 0294 Organisation des usines et des méthodes
- 0295 Contrôle de qualité et normes
- 0296 Autres secteurs du génie chimique
- 0297 Autres secteurs de la chimie

033 SCIENCES DE LA TERRE ET DOMAINES CONNEXES

Commission 19

Catégorie 191 Océanographie chimique

- 0521 Océanographie chimique

Catégorie 192 Chimie atmosphérique

- 0401 Chimie atmosphérique
- 0432 Pollution de l'air
- 0452 Chimie spatiale

Catégorie 193 Géochimie

- 0453 Géochimie minérale
- 0454 Isotopes et datation géologique
- 0455 Formation des minéraux et stabilité des systèmes minéraux
- 0456 Géochimie organique
- 0457 Autres secteurs

Catégorie 195 Chimie de l'eau

- 0510 Érosion et sédimentation
- 0511 Évapotranspiration
- 0512 Glaciologie
- 0513 Eaux souterraines
- 0514 Précipitations
- 0515 Qualité de l'eau
- 0516 Neige, glace et pergélisol
- 0517 Humidité du sol
- 0518 Eaux superficielles
- 0519 Autres secteurs

12 PUBLICATIONS ET DOCUMENTATION

Commission 20

Catégorie 201 Littérature technique et documentation

- 2801 Analyse
- 2807 Historique
- 2809 Indexation
- 2810 Recherche de la documentation
- 2811 Conception du réseau de documentation
- 2814 Bibliothèques et archives
- 2816 Publications scientifiques et techniques
- 2828 Traduction

Annexe VI

ÉTUDE STATISTIQUE

TABLEAUX^a

SECTEUR PUBLIC²

NUMÉROS DES TABLEAUX

- 1 Nombre de questionnaires reçus au sujet *a*) des organismes publics *b*) des projets de ces derniers
- 2 Dépenses de R et D interne
- 3 Sources et montants des fonds (1966 ou 1966-1967)
- 4 Nombre d'organismes signalant des difficultés
- 5 Effort en années de chercheur
- 6 Dépenses courantes de R et D interne des organismes signalant des difficultés
- 7*a* (Diagramme) Nombre d'organismes effectuant des niveaux donnés de dépenses courantes de R et D interne (1966)
- 7*b* (Diagramme) Nombre d'organismes effectuant des niveaux donnés de dépenses courantes de R et D interne (1970)
- 8 Nombre de projets cités selon chaque sujet principal, commission et spécialité de l'ICC
- 9 Nombre de projets signalés et prévus antérieurement
- 10 Nombre de projets signalés pour chaque catégorie d'industrie de la classification de l'ICC
- 11 Dépenses courantes de R et D interne selon chaque sujet principal, commission et catégorie de la classification de l'ICC
- 11*a* Caractère de la R et D interne par spécialité de la classification de l'ICC
- 12 Dépenses courantes de R et D interne par catégorie d'industries de la classification de l'ICC
- 13 Dépenses courantes de R et D interne par catégorie de R et D de l'ICC
- 13*a* Caractère de la R et D interne par catégorie de R et D de l'ICC
- 14 Effort total de l'effectif de scientifiques et d'ingénieurs pour la R et D interne en chimie¹
- 15 Effort total des techniciens pour la R et D interne
- 16 Effort de R et D interne par sujet principal, commission et spécialité de l'ICC
- 17 Nombre de réponses aux questionnaires de projet signalant des difficultés

- 18 Dépenses courantes de la R et D interne des organismes signalant des difficultés dans leur réponse aux questionnaires de projet
- 19 Nombre de réponses aux questionnaires de projet reçues et effort mentionné
- 20 Dépenses courantes de R et D interne en chimie classées d'après le niveau d'effort mentionné par les réponses aux questionnaires de projet
- 21 Nombre de réponses aux questionnaires de projet signalant des secteurs négligés selon la classification de l'ICC
- 22 Effort de R et D interne pour chaque catégorie de R et D de l'ICC

SOCIÉTÉS INDUSTRIELLES³

- 23 Questionnaires envoyés aux sociétés et classés d'après le mois de début de la période faisant l'objet du rapport
- 24 Dépenses de R et D interne
- 25 Sources et montants des fonds (1966)
- 26 Dépenses courantes de R et D interne selon chaque commission de l'ICC et caractère de la R et D
- 27 Effort total des scientifiques et des ingénieurs pour la R et D en chimie¹
- 27a Effort total des scientifiques, des ingénieurs et des techniciens pour la R et D interne en chimie¹ selon chaque commission et catégorie de l'ICC
- 28 Effort total des techniciens pour la R et D interne en chimie¹
- 29 Nombre de réponses aux questionnaires des sociétés signalant des difficultés
- 30a Sociétés³ signalant des difficultés pour obtenir du personnel, de l'équipement ou des services d'informatique pour la R et D
- 30b Répartition des réponses concernant la biochimie, le génie chimique, et les autres secteurs de la chimie d'après le tableau 30a
- 31a Dépenses courantes et immobilisations en 1966 pour la R et D interne en chimie, pour chaque groupe d'industries du BFS
- 31b Effort des scientifiques et des ingénieurs pour la R et D interne en chimie¹ pour chaque groupe d'industries du BFS
- 32 (Diagramme) Nombre de sociétés d'après des niveaux donnés de dépenses courantes de R et D interne en chimie¹ en 1966
- 33 (Diagramme) Nombre de sociétés prévoyant des niveaux donnés de dépenses de R et D interne en chimie¹ en 1970

FONDACTIONS ET CONSEILS DE RECHERCHE PROVINCIAUX

- 24P Dépenses de R et D interne
- 25P Sources et montant des fonds (1966)
- 26P Dépenses courantes de R et D interne par catégorie de l'ICC et caractère de la R et D
- 27P Effort total des scientifiques et des ingénieurs pour la R et D interne en chimie¹
- 27Pa Effort total des scientifiques, des ingénieurs et des techniciens pour la R et D interne en chimie¹ selon chaque commission et catégorie de l'ICC
- 28P Effort total des techniciens pour la R et D interne en chimie¹

- 29P Nombre de réponses aux questionnaires des sociétés signalant des difficultés
- 30P Dépenses courantes de R et D interne des sociétés dont les réponses signalent des difficultés

UNIVERSITÉS ET INSTITUTS

- 34 Nombre de réponses reçues aux questionnaires pour départements universitaires
- 35 Fonds disponibles pour les universités et les instituts, et leur répartition
- 36 Fonds de R et D en chimie¹ d'après leurs sources
- 37 Dépenses de R et D interne en chimie¹ réparties d'après les catégories de l'ICC
- 38 Effort en années de chercheur pour la R et D interne selon chaque catégorie de l'ICC
- 39 Dépenses courantes de R et D interne et dépenses de petit équipement selon chaque commission de l'ICC et les catégories et caractères de la R et D
- 40 Répartition du personnel universitaire selon chaque commission de l'ICC et les catégories et caractères de la R et D
- 41 Répartition du personnel selon chaque commission de l'ICC et les catégories et caractères de la R et D
- 42 Nombre de réponses aux questionnaires pour départements universitaires selon les caractères de la R et D
- 43 Prospective des dépenses de R et D interne
- 44 Effort en années d'équivalent de chercheur à plein temps pour la R et D interne selon chaque catégorie de R et D de l'ICC (1966-1967)
- 45 Dépenses courantes de R et D interne en chimie¹ pour chaque industrie selon la classification de l'ICC

a) Renvois:

¹ Chimie—Y compris le génie chimique et les disciplines connexes.

² Secteur public—Non compris les fondations et conseils de recherche provinciaux.

³ Sociétés industrielles—Sociétés, y compris les Conseils et Fondations de recherche provinciaux.

Annexe VII

EXEMPLAIRE DE QUESTIONNAIRE

Etude du travail de
RECHERCHE ET DE MISE AU POINT AU CANADA
DANS LES DOMAINES DE LA CHIMIE ET DU GENIE CHIMIQUE
faite pour le compte du
SECRETARIAT DES SCIENCES DU BUREAU DU CONSEIL PRIVE
par
L'Institut de Chimie du Canada

QUESTIONNAIRE ADRESSE A LA COMPAGNIE

Directives: Nous vous référons, pour les définitions, à la page 2 du questionnaire. Veuillez faire rapport de **tous vos** travaux de recherche et de mise au point (R et M) dans les domaines de la Chimie et du Génie chimique, durant l'année 1966 ou la période de douze mois la plus récente.

Veuillez inscrire les chiffres à l'extrémité droite dans chaque case.

CODE DE L'ETUDE (A l'usage du bureau seulement.)	
Carte no.	<input type="text" value="1"/>
Compagnie	<input type="text"/>
2-	

Item (1) Nom de la Compagnie	
Adresse d'affaires	
Nom de la personne responsable des réponses présentées dans le questionnaire.	
Occupation officielle	
Date	Numéro de téléphone

CODE DE L'ETUDE (A l'usage du bureau seulement)	
Carte no.	1
Compagnie	2-

(2) Date Période allant du jusqu'au
Directives: Utilisez la période de 12 mois qui correspond le mieux à l'année 1966.

(3) Dépenses totales et intra-muros de la Compagnie affectées aux travaux de recherche et de mise au point qu'elle a effectués dans les domaines de la Chimie et du Génie chimique, durant la période indiquée, et prévisions des dépenses totales et comparables pour des périodes futures. Voir définitions.

	(en milliers de dollars)	
	Exploitation	Immobilisations
1966 (ou 1966-1967)	6-	11-
1967 (ou 1967-1968), prévisions	16-	21-
1968 (ou 1968-1969), prévisions	26-	31-
1969 (ou 1969-1970), prévisions	36-	41-
1970 (ou 1970-1971), prévisions	46-	51-
Total pour les cinq années précitées.....	56-	62-

Directives: N'incluez PAS les paiements pour travaux de recherche et de mise au point faits à d'autres organismes, vue que ceux-ci en feront rapport. N'incluez PAS le coût de dépréciation du capital ni les dégrèvements pour le capital utilisé. Définitions à la page 2.

(4) Origine et valeur des fonds utilisés pour les dépenses totales inscrites à (3), durant la période mentionnée: 1966 (ou 1965-1966).

	(en milliers de dollars)	
	Exploitation	Immobilisations
Fonds provenant de la Compagnie	68-	72-
Fonds provenant du Gouvernement fédéral du Canada.....	76-	206-
Fonds provenant des Gouvernements provinciaux du Canada	10-	14-
Fonds d'autres sources	18-	22-
Le total doit concorder avec les chiffres indiqués dans la première case de (3).....	26-	30-

(5) Classification des dépenses totales pour travaux de recherche et de mise au point, rapportées pour 1966 (ou l'année fiscale 1965-1966) à (3), par secteur et genre (de R&M).

(a) Secteur de R&M Numéro(s) de code

(b) % des dépenses totales pour R&M

(c) Recherches fondamentales

(d) Recherches appliqués

(e) Mise au Point

34-	37-	40-	43-
46-	49-	52-	55-
58-	61-	64-	67-
70-	73-	76-	306-
9-	12-	15-	18-

Directives: Voir la Classification du Comité de l'Institut de Chimie du Canada (I.C.C.) pour les numéros de code correspondant aux secteurs de R et M. Si le nombre de secteurs mentionnés excède 4, veuillez utiliser des formules additionnelles. Tous les pourcentages indiqués dans le tableau précité doivent être ceux des dépenses totales pour R et M rapportées à l'item (3), c'est-à-dire que (b) doit être équivalent à 100% et, dans chaque case, (c), (d) et (e) doivent équivaloir au pourcentage indiqué à (b) (voir exemple ci-après).

(a) Secteur	071	072	102
(b) % des dépenses totales pour R&M	70	10	20
(c) % Recherches fondamentales	5	3	10
(d) % Recherches appliqués	25	7	10
(e) % Mise au point	40	0	0

- (6) Travail exprimé en années-homme et effectué par des hommes de sciences, des ingénieurs et des directeurs ou surveillants dans le travail de recherche et mise au point en chimie et génie chimique, durant l'année indiquée.

	Docteurs	Maîtres	Bacheliers
Biochimistes			
	21-	24-	27-
Ingénieurs-chimistes			
	30-	33-	36-
Chimistes			
	39-	42-	45-
Mathématiciens			
	48-	51-	54-
Métallurgistes			
	57-	60-	63-
Physiciens			
	66-	69-	72-
Autres ingénieurs			
	75-	406-	09-
Autres hommes de sciences			
	12-	406-	09-
Total			
	21-	24-	27-

Note: L'affiliation comme Membre-Associé à des organismes professionnels (e.g. A.C.I.C., Ingénieur professionnel) peut être considérée équivalente au grade de bachelier. Mentionnez le plus haut grade obtenu.

- (7) Nombre de techniciens engagés dans le travail de recherche et de mise au point en Chimie et Génie chimique.

Techniciens en biochimie	
	30-
Tous les autres techniciens en Chimie et Génie chimique	
	33-
Autres techniciens	
	36-

(8) Le travail de recherche et mise au point en Chimie et Génie chimique durant la période indiquée a-t-il souffert de la difficulté que vous avez éprouvée à vous procurer ce qui suit:

	Biochimie		Chimie		Génie Chimique	
	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non
Directeurs dûment qualifiés pour R&M?	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
	39-		40-		41-	
Personnel professionnel dûment qualifié pour R&M?	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
	42-		43-		44-	
Techniciens qualifiés pour R&M?	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
	45-		46-		47-	
Outillage plus perfectionné?	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
	48-		49-		50-	
Ordinateurs électroniques?	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
	51-		52-		53-	

Veuillez discuter à l'item (10) ci-après tous les autres facteurs qui, d'après vous, auraient limité indûment le travail de recherche et de mise au point au Canada.

(9) Les dépenses rapportées à l'item (5) par rapport au travail de R&M ont-elles été déjà mentionnées en réponse à d'autres études faites par le Secrétariat des Sciences, dans d'autres disciplines? Pointez dans une case.

	Oui	Non
	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
	54-	

Dans l'affirmative, veuillez indiquer les études en question:

.....

.....

.....

(10) Commentaires sur le travail de recherche et mise au point dans les domaines de la Chimie et du Génie chimique au Canada.

On accueillera favorablement, dans la présente étude, tout commentaire sur la situation qui prévaut au Canada dans le travail de recherche et de mise au point en Chimie et Génie chimique, ainsi que des suggestions pour assurer une expansion adéquate de celui-ci à l'avenir. On peut faire parvenir ces commentaires et suggestions ci-joint ou sous pli séparé.

Veuillez indiquer des secteurs spécifiques dans le travail de recherche et de mise au point en Chimie et Génie chimique, qui, d'après vous, méritent une attention plus grande au Canada de la part des universités, du Gouvernement et/ou des industries. Les commentaires peuvent tenir compte de facteurs tels que milieu économique, importance de la compagnie, tarifs, brevets, etc.

Veuillez indiquer par pointage à droite dans la case appropriée si l'on peut mentionner le nom de votre compagnie au sujet des dits commentaires.

	Oui	Non
	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
	55-	