

Ser
Q1
C212s1
no.6

Étude spéciale n° 6

**Études de base relatives
à la
politique scientifique:**

Projections des effectifs et des dépenses R&D

par

R. W. Jackson, D. W. Henderson et B. Leung

Réalisée pour

le Conseil des Sciences du Canada

**ÉTUDES DE BASE RELATIVES À LA POLITIQUE SCIENTIFIQUE:
PROJECTIONS DES EFFECTIFS ET DES DÉPENSES EN R & D**

Étude Spéciale N° 6

Études de base relatives à la
politique scientifique:
Projections des effectifs et des
dépenses en R & D

par

R. W. Jackson, D. W. Henderson et B. Leung

Réalisée 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

MONTRÉAL

Édifcic Æterna-Vie, 1182 ouest, rue Ste-Catherine

OTTAWA

Édifcic Daly, angle Mackenzie et Rideau

TORONTO

221, rue Yonge

WINNIPEG

Édifcic Mall Center, 499, avenue Portage

VANCOUVER

657, rue Granville

ou chez votre libraire.

Prix: \$1.25

N° de catalogue SS21-1/6F

Prix sujet à changement sans avis préalable

ROGER DUHAMEL, M.S.R.C.
Imprimeur de la Reine et Contrôleur de la Papeterie
Ottawa, Canada
1969

Avant-propos

Les trois études qui composent le présent rapport ont été réalisées par des employés du Secrétariat des sciences à seule fin d'appuyer le rapport n° 4 du Conseil des sciences intitulé: *Vers une politique nationale des sciences au Canada*. Elles sont présentées ici à titre de documentation.

Les projections que renferment ces études se fondent, comme le signalent les auteurs, sur des hypothèses que les faits viendront peut-être contredire. Ces hypothèses, cependant, sont raisonnables à la lumière de toutes les données actuelles. Il fallait établir des projections afin d'aller de l'avant dans l'institution d'une politique nationale des sciences.

Le personnel du Conseil sera heureux de toutes observations ou critiques qui amèneront une amélioration des projections.

Comme dans les rapports déjà publiés dans la présente série, les opinions exprimées dans le présent rapport sont celles des auteurs et ne doivent pas être attribuées au Secrétariat des sciences, au Conseil des sciences ni au Gouvernement du Canada.

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

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
AVANT-PROPOS.....	v
SECTION 1	
Projection des ressources en scientifiques et en ingénieurs au Canada..	1
SECTION 2	
Le facteur inflation-sophistication en R & D.....	35
SECTION 3	
Projection jusqu'en 1978 des dépenses brutes en R & D.....	49
APPENDICE A	
Projections jusqu'en 1978 des statistiques des É.-U. sur les sciences et l'ingénierie.....	83
NOTE SUPPLÉMENTAIRE.....	91

Liste des figures

Figure n°	<i>Page</i>
1 Population active du Canada et des États-Unis.....	21
2 Inscriptions des étudiants masculins par rapport à la population masculine, par groupe d'âges: Canada et États-Unis.....	22
3 Pourcentage des scientifiques (sciences de la nature) et des ingénieurs par rapport à la population active.....	23
4 Pourcentage des scientifiques (sciences de la nature) et des ingénieurs affectés à la R & D par rapport à la population active.....	24
5 Nombre de premiers grades conférés par rapport à la population active (y compris les professions relatives à la santé), année scolaire 1959-60=1960.....	25
6 Nombre de premiers grades conférés en sciences naturelles et en génie par rapport à la population active (sans les professions relatives à la santé, l'agriculture et l'architecture), année scolaire 1959-60=1960.....	26
7 Projection du nombre total de baccalauréats et de premiers grades professionnels, conférés annuellement.....	27
8 Répartition des premiers grades selon les spécialités: Canada—effectifs existants et projetés.....	28

Figure n°		Page
9	Répartition, par disciplines générales, des baccalauréats spécialisés conférés par les universités canadiennes.....	29
10	Répartition des baccalauréats et des premiers grades professionnels: États-Unis—effectifs existants et projetés.....	30
11	Dépenses en R & D des États-Unis par scientifique et ingénieur qualifié s'étendant sur une période de douze ans.....	40
12	Dépenses en R & D du Canada par SIQ.....	41
13	Dépenses en R & D et SIQ affectés à la R & D dans les universités et les collèges canadiens.....	43
14	Dépenses brutes du Canada en R & D (dépenses courantes et en capital) de 1957 à 1966—par secteurs d'exécution.....	52
15	Dépenses brutes du Canada en R & D (dépenses courantes et en capital) de 1957 à 1966—selon les sources de fonds.....	53
16	Dépenses courantes du Canada en R & D de 1957 à 1966—par secteurs d'exécution.....	54
17	Dépenses en capital du Canada en R & D de 1957 à 1966— par secteurs d'exécution.....	55
18	PNB du Canada en devises nationales.....	58
19	Projection jusqu'en 1978, des dépenses brutes du Canada en R & D.....	59
20	Projection du nombre de scientifiques et d'ingénieurs (É.T.P.) affectés à la R & D, au Canada.....	61
21	Projection des D.B.R.D. jusqu'en 1978.....	62
22	Projection, jusqu'en 1978, des dépenses brutes du Canada en R & D—par secteurs d'exécution.....	65
23	Projection, jusqu'en 1978, des dépenses brutes du Canada en R & D—par secteurs d'exécution.....	66
24	Projection, jusqu'en 1978, des dépenses brutes du Canada en R & D—par secteurs d'exécution.....	67
25	Projection, jusqu'en 1978, des dépenses brutes du Canada en R & D—par secteurs d'exécution.....	68
26	Nombre d'étudiants visant à des diplômes d'études supérieures en sciences et en génie dans les universités canadiennes.....	70
27	Projection, jusqu'en 1978, des dépenses brutes du Canada en R & D—selon les sources de fonds.....	75
28	Pourcentage des budgets nationaux affecté à la R & D.....	76
29	Nombre de baccalauréats en sciences et en génie et des premiers grades professionnels accordés par les universités et les collèges américains....	86
30	Projection, jusqu'en 1978, de la réserve active de scientifiques et d'ingénieurs faisant partie de la population active.....	87
31	Projection, jusqu'en 1978, du nombre de scientifiques et d'ingénieurs (É.T.P.) affectés à la R & D aux États-Unis.....	88
32	Projections des D.B.R.D. jusqu'en 1978 aux États-Unis.....	89

Section 1

PROJECTION DES RESSOURCES EN SCIENTIFIQUES ET EN INGÉNIEURS AU CANADA

Dans le présent exposé les auteurs s'efforcent de projeter d'ici à 1978 l'effectif technique et scientifique au Canada. A cette fin ils examinent les renseignements publiés jusqu'en 1966-1967. Ils estiment ensuite l'apport annuel fourni par les universités et l'immigration et en déduisent l'usure attribuable aux décès, à la mise à la retraite et au choix d'une nouvelle carrière. Ils tiennent également compte, dans la mesure du possible, de l'effet produit par le glissement de la demande, de la motivation des étudiants, de la définition statistique et de facteurs extrinsèques tels que l'immigration.

Sur le plan international ils ne font de comparaison qu'avec les États-Unis, seul pays dont la structure sociale et l'économie ressemblent suffisamment à celles du Canada pour que les catégories statistiques soient vraiment comparables.

État actuel de l'effectif professionnel

La population active du Canada était de 7.4 millions en 1966, comparée à 79 millions aux États-Unis.¹ Le taux de croissance de la population active du Canada dans l'après-guerre, soit de 2.4 p. 100 par an, a été plus élevé que celui des États-Unis qui était de 1.4 p. 100. Les taux de croissance actuels sont particulièrement élevés (3.2 p. 100 au Canada, 1.8 p. 100 aux États-Unis).⁹⁻¹⁰ La figure 1 illustre la tendance générale.

La proportion de la population active du Canada qui avait un grade universitaire était, en 1965, de 5.4 p. 100¹¹ contre 11.6 p. 100 aux États-Unis¹⁰. La figure 2 montre que la moyenne plus élevée du niveau d'instruction aux États-Unis est le résultat de tendances qui remontent plusieurs décennies en arrière, le mouvement vers une instruction supérieure au Canada étant en retard de 20 à 30 ans sur celui des États-Unis. Il y a sept ans encore, Bertram constate dans son étude¹²:

«Les données du Recensement de 1961 qui concernent le niveau universitaire atteint permettaient de conclure que 6 p. 100 des jeunes travailleurs canadiens de 25 à 34 ans possédaient alors un diplôme universitaire, alors que la proportion était de presque 15 p. 100 aux États-Unis, pour la population masculine du même âge.»

Depuis 20 ans le nombre d'étudiants canadiens et les sommes investies dans l'enseignement vont croissant et l'écart entre les deux taux de production de travailleurs instruits a commencé à diminuer (voir le graphique 2, repris

de Bertram¹²). Il se passera évidemment bien des années avant que ces taux de production supérieurs n'exercent une influence tant soit peu profonde sur le niveau d'instruction moyen de la population active dans son ensemble par comparaison aux États-Unis. Bien que le Conseil économique ait fait observer¹³ qu'une production plus élevée devrait résulter du niveau d'instruction plus élevé, il s'écoulera quelque temps avant que l'accroissement économique attribuable à cette cause se manifeste de façon très visible.

Dans l'intervalle, il faut des investissements en équipement pour l'éducation et des fonds couvrant les frais de fonctionnement bien supérieurs si l'on veut produire des travailleurs instruits en nombre croissant. Le tableau qui suit montre qu'après bien des années, le Canada a rattrapé les États-Unis vers 1962 en ce qui a trait à la proportion du PNB dépensée pour l'instruction scolaire dans un établissement d'enseignement, mais non en ce qui concerne le nombre de dollars dépensés par habitant.

Dans le secteur particulier des scientifiques et des ingénieurs, les renseignements disponibles sont plus détaillés grâce, en grande partie, aux efforts de l'OCDE qui a réuni des statistiques en vue d'une comparaison entre nations. Les chiffres relatifs au Canada et aux États-Unis apparaissent à la figure 1, tandis que la figure 3 les montre comme pourcentage de la population active. La définition de l'OCDE¹⁵ des «scientifiques et ingénieurs» englobe les diplômés en mathématiques, en sciences physiques, en biologie, en géologie, en agriculture et dans les disciplines usuelles du génie, mais exclut les professions relatives à la santé, l'architecture et les sciences sociales.

En se basant sur cette définition on peut déduire de la figure 3 que la proportion des scientifiques et des ingénieurs par rapport à l'ensemble de la population active était, en 1963, de 1.35 p. 100 au Canada comparée à 1.8 p. 100 aux États-Unis, mais comme nous le montre la figure 4, l'écart est encore plus considérable en ce qui concerne le nombre de scientifiques et d'ingénieurs affectés à la recherche et au développement: en 1965, 0.2 p. 100 de la population active était composée de scientifiques et d'ingénieurs affectés à la recherche et au développement, comparé à 0.65 p. 100 aux États-Unis, soit plus du triple de la proportion canadienne.

Si la figure 3 semble indiquer que l'écart entre la proportion des scientifiques et des ingénieurs par rapport à l'ensemble de la population active du Canada et celle des États-Unis a légèrement augmenté entre 1956 et 1963, la figure 2 nous laisse espérer que le nombre croissant d'étudiants canadiens poursuivant des études supérieures commence actuellement à réduire cet écart. Le nombre toujours croissant de diplômés sortant des universités canadiennes ressort plus clairement des figures 5 (premiers grades) et 6 (premiers grades en sciences naturelles ou en génie). Après une courte réflexion on arrive toutefois à la conclusion que, qualitativement, la population active américaine prendra de l'avance sur celle du Canada tant que l'accroissement annuel canadien du nombre de diplômés, quelle qu'en

Tableau 1.—Dépenses totales pour l'éducation scolaire^{14,7,3}

Année	Millions de dollars		Dollars par habitant		Dépenses pour l'éducation en pourcentage du PNB	
	Can.	É.-U.	Can.	É.-U.	Can.	É.-U.
1940.....	157	3,352	14	25	2.3	3.5
1950.....	464	9,335	34	62	2.6	3.5
1956.....	909	16,812	57	100	3.0	4.1
1958.....	1,235	21,120	72	121	3.8	4.8
1960.....	1,622	24,722	91	137	4.5	5.0
1962.....	2,281	29,430	123	158	5.6	5.5
1965.....	3,289	44,500	168	229	6.3	6.5

Dans le manuel d'enquête de l'OCDE¹⁵ on trouve à la page 19 l'explication suivante:

«Doivent aussi entrer dans le cadre des recherches et du développement les travaux de recherche en sciences sociales et en lettres. Dans la plupart des pays d'Europe l'expression «science» embrasse en effet toute la gamme des connaissances humaines, à l'encontre de l'usage plus restrictif des Anglo-Saxons où elle ne s'entend que des sciences naturelles et de la technologie. Lors d'enquêtes entreprises dans certains pays d'Europe on a effectivement mesuré les activités dans le domaine des recherches et du développement suivant une définition qui inclut les recherches en sciences sociales. Ce ne fut le cas, toutefois, que dans le secteur de l'administration, de l'enseignement supérieur et des établissements de recherche sans but lucratif. La N.S.F. a également mesuré la recherche en sciences sociales séparément dans les secteurs administratifs et sans but lucratifs aux États-Unis. Mais aucun pays n'a jusqu'ici réussi à définir et à mesurer la recherche en sciences sociales et en lettres dans le secteur privé. L'expérience de nature pratique qui pourrait servir de base aux définitions normalisées et aux conventions fait donc toujours défaut dans ce domaine.

«Tous les pays qui ont réussi à mesurer l'ensemble des ressources nationales consacrées à la recherche et au développement dans tous les secteurs importants de l'économie l'ont fait en se fondant sur une définition qui exclut les recherches en sciences sociales et en lettres.»

«Il s'ensuit qu'il faut mesurer et enregistrer ces disciplines séparément bien qu'elles doivent en principe être incluses dans l'ensemble de la recherche et du développement. Il serait, sans quoi, impossible d'établir des séries chronologiques uniformes ou de faire des comparaisons avec des enquêtes déjà effectuées. Le rassemblement de toute l'expérience déjà acquise par les divers pays devrait être une tâche urgente pour l'OCDE qui devrait effectuer ses propres recherches sur des problèmes irrésolus jusqu'ici dont, notamment, les méthodes de définition et de mesure dans les domaines de l'étude du travail, de l'étude des marchés et de la recherche opérationnelle dans le secteur de l'entreprise commerciale. Sans quoi il se pourrait que les sciences sociales et les lettres deviennent une sorte de cendrillon et que leur importance soit méconnue.»

soit la provenance, en proportion de la population active n'égalera ou ne dépassera pas l'accroissement américain. La comparaison entre le nombre de diplômés en sciences naturelles et en génie sortant des universités canadiennes et américaines (voir le tableau 2) fait penser qu'en 1963 le Canada était loin de satisfaire à ses besoins sous ce rapport. Il faut évidemment prendre comme base du calcul le nombre de diplômés qui s'ajoutent effectivement à la population active et tenir compte de l'immigration, de l'usure et de l'admission aux cadres hors de la scolarité. La comparaison des statistiques d'immigration du Canada et des États-Unis laisse voir que ces conclusions qualitatives restent valables jusqu'en 1963, bien que des augmentations annuelles spectaculaires du nombre des immigrants diplômés arrivés au Canada depuis lors, nombre qui a atteint quelque 40 p. 100 du nombre de diplômés sortis des universités en 1965, semblent indiquer qu'il y avait,

en 1965, égalité entre les deux pays quant au nombre de diplômés s'ajoutant à la population active. Mais ces résultats sont provisoires et susceptibles d'être contredits par des résultats ultérieurs. D'autre part, l'égalité de 1965 reposait dans une si large mesure sur une immigration nombreuse qu'on hésite à en prédire la continuité.

Cette courte revue des tendances passées a préparé le terrain pour l'examen des tendances probables de la prochaine décennie.

Tableau 2.—Nombre de diplômés (premier grade) en sciences naturelles et en génie par rapport au nombre de scientifiques et d'ingénieurs faisant partie de la population active*

Année	Diplômés sortis des universités/Diplômés faisant partie de la population active	
	Canada	États-Unis
1957.....	3.7	6.7
1959.....	4.2	7.3
1961.....	4.6	6.5
1963.....	4.8	6.5

*A noter que la population active du Canada représente une proportion moindre (36 p. 100 en 1962) de la population totale qu'aux États-Unis (40 p. 100).⁹

Projection jusqu'en 1978 du nombre de scientifiques et d'ingénieurs

Le nombre de titulaires d'un premier grade, sortis d'une université ou d'un collège canadiens, a été projeté jusqu'en 1975-1976 par MM. Illing et Zsigmond du Conseil économique du Canada.³⁴ La projection apparaît à la figure 7 et a été extrapolée jusqu'en 1977-1978. L'extrapolation se fonde sur des statistiques démographiques et les tendances que manifeste la proportion des personnes appartenant aux groupes d'âges intéressés et entrant à l'université.

La convexité de la courbe entre 1964 et 1972 peut s'expliquer par la forte natalité de l'après-guerre, mais l'élément de beaucoup le plus important qui a causé la pente de la courbe est l'accroissement de la proportion des étudiants du groupe d'âges 18-24 de 4.2 p. 100 en 1951-1952 à 10.1 p. 100 en 1965-1966. L'extrapolation donne une proportion de 18.2 p. 100 en 1975-1976 (ensemble des étudiants et étudiantes au niveau du baccalauréat, de la maîtrise et du doctorat). Illing et Zsigmond supposent

«En outre . . . que l'augmentation des taux d'inscription se maintiendra, d'ici la fin de la présente décennie, à peu près au même rythme qu'au cours de la première moitié, et qu'elle aura tendance à diminuer graduellement de 1970 à 1975.»

Les auteurs n'expliquent pas pourquoi ils supposent une diminution, mais ils se fondent sans doute sur l'opinion que le rattrapage canadien ralentira à

mesure que la proportion canadienne s'approchera de celle des États-Unis. Aux États-Unis la proportion des étudiants à plein temps du groupe d'âge 18-24 était de 19.4 p. 100 en 1965-1966, et l'on prévoit qu'elle atteindra 23.1 p. 100 en 1975-1976.³⁴

Il faut ensuite examiner les tendances qui se manifestent dans le choix d'une discipline parmi le nombre total projeté de titulaires d'un premier grade. Ces tendances figurent à la figure 8, les disciplines étant celles dont se sert le B.F.S. L'on constatera que des glissements étonnants se sont produits au cours de la dernière décennie. Il y avait notamment des décroissances relativement rapides en génie, en médecine et dans les «autres» disciplines,* et des décroissances moins rapides en commerce, en agriculture et en architecture auxquelles s'opposent des montées moins rapides mais numériquement importantes dans les arts. Il a donc fallu avoir recours, dans une mesure considérable, à l'intuition et au sentiment esthétique en projetant ces tendances dans l'avenir. La seule règle que l'on a essayé de suivre, dans la mesure du possible, a été de ne pas faire subir aux courbes de brusques inflexions. Le lecteur pourra essayer par lui-même.

Les résultats ressemblent à ceux de Mitchener³⁵ mais jouissent de l'avantage d'être fondés sur des données supplémentaires de quatre ans.³¹⁻³⁶ Les tendances les plus récentes semblent indiquer pour 1966-1967 une proportion plus forte d'étudiants en arts et une proportion plus faible d'étudiants en génie et en sciences que n'a calculé Mitchener.

Les tendances pourraient évidemment subir des modifications profondes ou même des revirements à la suite d'un changement des lignes directrices de la politique fédérale ou provinciale. L'assurance-maladie universelle pourrait ainsi faire monter la courbe des sciences relatives à la santé. D'importants programmes de construction ou d'aménagement pourraient renverser la tendance à la baisse qu'accuse le génie par rapport à l'ensemble.* Toutefois, comme la plupart de ces matières exigent au moins quatre ans d'études universitaires, tout changement dans le choix d'une discipline ne produirait que peu d'effets sur la proportion des grades pendant les quatre années suivantes. Si l'on tient compte en outre du délai qui s'intercale fatalement entre toute adoption de nouvelles lignes directrices et leur mise à exécution sur une grande échelle ou leur manifestation au public, il semblerait que seules les influences qui se font présentement sentir dans les écoles et parmi

* Les «autres» disciplines sont surtout le droit, la théologie, le travail social, l'enseignement de la culture physique et de l'hygiène, les sciences domestiques, la bibliothéconomie, le journalisme, la musique etc., catégories dont se sert Mitchener.³⁵

*Note: Bien que le nombre de diplômés en médecine et en génie diminue par rapport à l'ensemble, leur nombre absolu et leur nombre relatif à l'ensemble de la population s'accroît toujours. Aussi prévoit-on que l'investissement de sommes importantes consacrées à l'expansion des installations de formation et de recherche médicale entraînera un accroissement du nombre de diplômés de 40 par 1 million d'habitants en 1965 à quelque 64 par 1 million d'habitants en 1975. Semblablement, ainsi que le montre la figure 8, on prévoit que le nombre d'ingénieurs diplômés passera de quelque 114 par 1 million d'habitants en 1965 à quelque 180 par 1 million d'habitants en 1975. Encore faut-il savoir si ces nombres suffiront pour répondre aux besoins.

le public sont susceptibles de modifier sensiblement les projections, exception faite peut-être des trois ou quatre dernières années avant 1978.

L'interprétation de la portée des tendances récentes est malaisée du fait de la désuétude des catégories utilisées. Ainsi les arts, suivant la définition officielle canadienne, englobent outre les disciplines communément appelées «lettres», la psychologie, la sociologie, l'économie, la géographie, l'anthropologie, les mathématiques, quelques sciences générales et quelquefois des sciences pures, toutes disciplines dans lesquelles les étudiants peuvent obtenir un baccalauréat avec une spécialisation plus ou moins grande. Les mathématiciens, bien peu nombreux, semblent constituer un des éléments qui croissent le plus rapidement si l'on en juge d'après le peu de données disponibles et par l'évolution américaine (que suit habituellement tôt ou tard le Canada).

Le rôle de la femme

La proportion du nombre de femmes qui acquièrent une instruction supérieure est passée de 23 p. 100 du nombre de grades conférés au niveau du baccalauréat en 1955-1956 à 34 p. 100 en 1966-1967. Plus de la moitié des femmes diplômées, soit 55 p. 100 en 1966-1967, ont étudié les arts, quelque 22 p. 100 la pédagogie, le reste se partageant les grades accordés en sciences infirmières, en sciences ménagères, en bibliothéconomie, en pharmacie, en physiothérapie, etc. On ne s'étonnera donc pas de constater, en examinant les données de plus près, que la tendance à la hausse que montre la proportion des diplômés en arts et en pédagogie (figure 8), est pour la plus grande part attribuable à la présence des femmes. De 11.6 p. 100 en 1955-1956 la proportion des bachelières ès arts par rapport au nombre total de titulaires d'un baccalauréat est passée à 19 p. 100 en 1966-1967 tandis que le nombre de bacheliers a augmenté plus lentement de 27.4 p. 100 à 29.9 p. 100 en passant par 25 p. 100 en 1960-1961. Subissant une évolution semblable, la proportion des diplômées en pédagogie est montée de 2.6 p. 100 en 1955-1956 à 7.5 p. 100 en 1966-1967, pendant que la proportion des diplômés est montée de 5.4 p. 100 à 7.2 p. 100, en passant par un sommet. Le nombre de diplômées en science s'est également accru, mais n'a fait qu'égaliser l'accroissement relativement rapide du nombre de diplômés qui dépasse celui de leurs collègues du sexe féminin dans une proportion de quatre ou cinq à un.

Possibilités d'un changement d'intérêt des sciences physiques aux sciences sociales et aux lettres

On entend assez souvent dire aujourd'hui que les jeunes se détournent des sciences, du génie ou du commerce, etc., et qu'il se produira bientôt un glissement sensible vers les sciences sociales, les arts et les lettres au détriment des sciences et du génie. Vu qu'un tel glissement pourrait bouleverser nos projections, il importe d'en constater l'existence.

L'analyse à laquelle nous nous sommes livrés dans le paragraphe précédent a permis de constater que jusqu'en 1966-1967 le glissement important vers les arts et la pédagogie qui se manifeste dans la figure 8 était dû au nombre croissant de femmes acquérant une instruction supérieure et qu'il traduit la préférence traditionnelle des femmes plutôt qu'un changement général de la philosophie ou des attitudes sociales. Le recul du génie a été à peu près compensé par une avance des sciences, le résultat net étant que les grades conférés en sciences naturelles et en génie représentaient 16.1 p. 100 de tous les baccalauréats conférés en 1954-1955, ont atteint un sommet de 20 p. 100 aux environs de 1960 et ont de nouveau reculé depuis pour tomber à 15.3 p. 100 en 1966-1967. La projection des courbes de la figure 8 laisse prévoir un ralentissement du recul à quelque 14 p. 100 du nombre antérieur à 1978. Ce recul, auquel s'ajoutent des reculs relatifs en commerce, en médecine, en agriculture, en architecture et dans les «autres» disciplines, est complété par une augmentation lente de l'élément masculin des étudiants en arts, soit un supplément de 0.5 p. 100 par an entre 1960 et l'année courante.

Étant donné que les arts, suivant la définition canadienne, sont un ensemble de sujets divers, la signification du mouvement mentionné ci-dessus demeure toujours obscure. Des renseignements statistiques détaillés ne sont disponibles qu'en ce qui concerne les cours avec spécialisation qui produisent quelque 15 p. 100 de tous les titulaires d'un grade au niveau du baccalauréat. La proportion des grades conférés en sciences, en sciences sociales et en lettres, et sanctionnant un cours avec spécialisation reste pratiquement constante jusqu'en 1964-1965 (figure 9), mais ensuite un accroissement net de la proportion des grades conférés en sciences sociales se dessine dans les derniers chiffres. L'accroissement semble pourtant se faire aux dépens des lettres plutôt qu'au détriment des sciences. Au sein des sciences on constate un léger glissement vers les sciences biologiques si on les compare aux sciences physiques. Si nous nous tournons vers les États-Unis pour trouver une indication des tendances futures, nous y trouvons des renseignements plus complets, mais les conclusions n'en sont pas grandement modifiées. Au tableau 3 figurent quelques chiffres tirés d'un rapport plus volumineux³⁷ montrant la répartition par discipline de l'ensemble des baccalauréats et des premiers grades professionnels. On voit l'avance des sciences sociales et de la psychologie de 14.4 p. 100 de l'ensemble en 1955-1956 à 22.8 p. 100 (chiffre extrapolé) en 1975-1976. Toutefois, cette avance ne s'est pas produite et ne se produira probablement pas au détriment des sciences naturelles et du génie qui retiennent à peu près le quart de tous les grades conférés au niveau du baccalauréat. Selon le rapport³⁷ (page 24) :

«Le quart environ des grades conférés en 1965-1966 au premier niveau... a été accordé dans le domaine englobant les sciences naturelles, le génie et les disciplines connexes. Les grades restants ont été conférés dans les sciences sociales, les lettres et les sciences connexes. On prévoit que les proportions de 1975-1976 ne différeront que peu de celles de 1955-1956.»

Tableau 3.—Répartition en pourcentage des baccalauréats et des premiers grades professionnels aux États-Unis
(tiré de la réf. 37, pages 29 et 30)

Année	Nombre total de grades	Nombre total de grades en sciences naturelles	Mathématiques et Statistiques	Génie	Sciences physiques	Sciences biologiques	Agriculture et Sylviculture	Professions relatives à la santé	Sciences, Programme général	Nombre total des grades en sciences sociales et en lettres	Beaux-Arts	Philosophie et Religion	Anglais et Journalisme	Langues étrangères	Psychologie	Sciences sociales	Pédagogie	Bibliothéconomie	Travail social	Autres
1955-1956....	311,298	27.7	1.5	8.5	3.7	4.0	2.3	7.2	0.4	72.3	5.9	2.1	5.4	1.3	1.8	12.6	18.2	0.5	0.6	24.1
1965-1966....	540,000	25.3	3.9	6.6	3.3	4.8	1.3	4.9	0.5	74.7	5.6	1.7	7.5	2.8	2.8	16.1	17.8	0.5	0.7	19.1
1975-1976....	938,000	25.0	25.0	4.9	3.7	5.6	0.4	2.8	0.7	75.0	5.0	1.4	9.6	4.5	3.7	19.1	16.6	0.5	0.7	13.6

Un graphique semblable à la figure 8, mais avec quelques différences quant aux catégories, a été tracée à partir des projections américaines (figure 10). Les lettres, à la différence des sciences sociales, sont comprises dans les «autres» disciplines dont la courbe extrapolée descend légèrement par rapport à l'ensemble. A noter la montée rapide des mathématiques, des statistiques et de l'informatique.

Si l'on regarde le nombre total des étudiants au niveau du baccalauréat des universités et collèges canadiens (tableau 4) on voit que la proportion du nombre d'étudiants en sciences et en génie a légèrement diminué entre 1960 et 1962, diminution que l'on pourrait rapprocher au léger déclin de la proportion des titulaires d'un baccalauréat avec spécialisation dans ces disciplines entre 1964 et 1966. Toutefois, les proportions ont, en partie, regagné leur ancien niveau et sont restées pratiquement invariables depuis. Il n'y a donc pas lieu de prévoir une régression prolongée du nombre de grades conférés. Un moyen qui permettrait de prédire l'évolution future en partant d'une date antérieure serait une étude du choix d'une discipline et d'une carrière fait par les étudiants dans leurs premières années d'études si ce renseignement existait, ce qui n'est malheureusement pas le cas.

Tableau 4.—Inscription des étudiants sous-diplômés à plein temps aux universités et collèges canadiens^{31,30,38}

Année	Nombre Total	Science pure % du Total	Génie et Sciences appliquées % du Total	Total Sciences et Génie %
1955-1956.....	69,310	7.3	16.2	23.5
1960-1961.....	107,339	9.1	13.6	22.7
1962-1963.....	132,952	10.9	10.8	21.7
1964-1965.....	164,441	12.9	9.3	22.2
1965-1966.....	188,692	13.1	8.8	21.9
1966-1967.....	212,953	13.4	8.7	22.1
1967-1968.....	261,207	13.5	8.8	22.3

La seule conclusion permise est que si un glissement vers les sciences physiques et biologiques aux dépens du génie s'est manifesté dans les sciences, il y a peu de raisons de croire à un changement profond dans l'ensemble. Il y a un mouvement ascendant en sciences sociales qui se produit surtout au détriment des lettres. Les structures du mouvement au Canada et aux États-Unis se ressemblent.

La projection du nombre de scientifiques et d'ingénieurs sortant des universités

En attendant d'autres preuves, nous nous en tenons donc à la figure 8. Pour arriver au nombre de diplômés en science et en mathématiques qui y figurent comme titulaires d'un baccalauréat ès art, nous avons examiné les renseignements détaillés obtenus des universités de Toronto, d'Edmonton, de la Saskatchewan, de la Colombie-Britannique et des universités Carleton, McGill, Queen's et McMaster. Nous avons constaté que pendant les dix dernières années le nombre de grades conférés dans ces disciplines représentait une proportion plus ou moins uniforme de 20 p. 100 des grades conférés en science. La proportion hypothétique des diplômés en science a donc été

Tableau 5.—Pourcentage de l'ensemble des baccalauréats et des premiers grades professionnels

Année	B.A. en science et en mathématiques (est.)					Nombre total des premiers grades (Réf. 6)	Nombre total des grades en sciences naturelles, en mathématiques et en génie
	Agriculture %	Génie %	Sciences %	et en mathématiques (est.) %	Total %		
1955-1956.....						13,770	
1956-1957.....						14,783	
1957-1958.....						16,062	
1958-1959.....						17,080	
1959-1960.....						18,720	
1960-1961.....						20,240	
1961-1962.....						23,102	
1962-1963.....						25,221	
1963-1964.....						29,084	6,259
1964-1965.....						33,497	6,700
1965-1966.....	1.7	5.8	9.4	1.9	18.8	38,470	7,240
1966-1967.....	1.6	5.5	9.8	1.9	18.8	43,843	8,230
1967-1968.....	1.5	5.2	9.9	2.0	18.6	50,800	9,450
1968-1969.....	1.4	5.0	10.0	2.0	18.4	58,300	10,760
1969-1970.....	1.3	4.8	10.1	2.0	18.2	66,400	12,100
1970-1971.....	1.2	4.6	10.2	2.0	18.0	74,200	13,400
1971-1972.....	1.15	4.5	10.3	2.1	18.0	81,800	14,800
1972-1973.....	1.1	4.3	10.4	2.1	17.9	89,000	16,000
1973-1974.....	1.05	4.2	10.4	2.1	17.7	95,700	17,000
1974-1975.....	1.0	4.0	10.5	2.1	17.6	101,900	17,900
1975-1976.....	0.98	3.9	10.5	2.1	17.5	106,600	18,600
1976-1977.....	0.95	3.8	10.6	2.1	17.4	(110,000)*	19,100
1977-1978.....	0.93	3.6	10.6	2.2	17.4	(115,000)*	20,000

*Chiffres extrapolés au delà de la projection du Conseil économique.

uniformément majorée de 20 p. 100. A en juger d'après les chiffres des États-Unis (figure 10), cette rectification ne tient peut-être pas suffisamment compte de l'importance croissante accordée aux mathématiques dans notre âge d'ordinateurs, de l'informatique et de l'analyse statistique, mais constitue vraisemblablement une hypothèse acceptable dans l'attente de meilleures données. En groupant les sciences, le génie et l'agriculture nous obtenons les résultats donnés au tableau 5. Les chiffres de la dernière colonne sont le résultat d'une multiplication des projections, établies par le Conseil économique, du nombre des premiers grades par le pourcentage total.

Projection du nombre de diplômés qui s'ajouteront à la population active

Pour arriver au nombre de diplômés qui viendront grossir l'effectif des scientifiques et des ingénieurs il faut affecter le nombre des diplômés sortant des universités des coefficients suivants:

(a) *Poursuite des études*: Entre 10 et 30 p. 100 des nouveaux bacheliers poursuivront leurs études post-universitaires au niveau de la maîtrise ou du doctorat (en 1966-1967 ce nombre a atteint 74 p. 100 dans le cas des bacheliers en physique aux États-Unis suivant une étude entreprise par l'*American Institute of Physics*³⁹). Il s'écoulera donc à peu près de 1 à 6 ans avant qu'ils ne s'ajoutent à la population active. D'autre part, la plupart des bacheliers occupent un emploi à temps partiel d'instructeur, de chargé de cours ou d'adjoint aux recherches ou utilisent des fonds en tant que membres d'une équipe de recherche et de développement. A cause de sa facilité et de sa plausibilité nous adopterons la dernière thèse et poserons en hypothèse que les diplômés s'ajoutent à la main-d'œuvre au niveau du baccalauréat.

(b) *Population active actuelle par rapport à population active potentielle*: Les personnes formées dans une discipline donnée n'occupent pas nécessairement un emploi qui exige cette formation. En voici les raisons: (i) l'offre dépasse la demande (ii) l'abandon de la carrière choisie à cause d'incapacité ou manque d'intérêt. Dans le premier cas, une partie du sur-nombre émigre, d'autres cherchent un emploi dans une spécialité connexe toujours dans le domaine des sciences ou du génie, tandis que d'autres encore acceptent un emploi où leurs connaissances spécialisées restent inemployées—du sous-emploi technologique. Toutefois, le but avoué de notre exercice est de projeter l'offre *probable* de scientifiques et d'ingénieurs diplômés en *postulant l'emploi normal* plutôt que de prédire l'élasticité d'offre en cas de sous-emploi. Il n'est donc pas tenu compte de l'incidence de l'écart entre l'offre et la demande sauf là où elle se manifeste en rapport avec d'autres phénomènes comme l'émigration ou l'abandon de la carrière choisie. Dans le deuxième cas il y a toujours des diplômés qui estiment qu'ils sont inadaptés au travail ou qui se trouvent avoir d'autres intérêts qui les poussent vers une carrière sans rapport avec leurs études. On fait parfois

une distinction entre ceux qui s'occupent activement de sciences ou de génie et ceux qui travaillent dans le domaine de l'administration de la recherche, de la vente technique, etc., où leur formation constitue un avantage appréciable ou une condition d'emploi. Cette dernière thèse se rapproche probablement davantage de la réalité et constitue un meilleur critère pour juger de l'utilisation optimale par rapport à l'offre. L'abandon de carrière s'entend donc de l'action de ceux qui ne trouvent pas d'emploi dans la technostrucure de la science et du génie, et qui embrassent une carrière où leurs connaissances spécialisées ne leur sont que peu utiles. Le taux d'abandon est particulièrement élevé chez les femmes. Des analyses de la situation aux États-Unis, faites par la *National Science Foundation*⁷, montrent que deux ans après l'obtention du grade, 20 p. 100 des femmes étaient des ménagères et 30 p. 100 occupaient un emploi de secrétaire ou de commis aux écritures. La proportion des hommes représentait entre 5 et 10 p. 100 de l'ensemble suivant la spécialité et l'étendue qu'on donne à la technostrucure de la science et du génie. A vrai dire, une certaine usure de ce genre est souhaitable et il faut l'encourager. Personne ne peut prétendre que tout bachelier en sciences ou en génie vaut son salaire. Il faut de l'élagage, ne fût-ce que pour maintenir la qualité. La difficulté réside dans l'estimation raisonnable de son importance. Nous proposons une proportion quelque peu arbitraire de 10 p. 100 de la classe finissante pour tenir compte de l'élagage et des abandons de carrière des cinq premières années, cette proportion devenant négligeable par la suite. Cette proposition se fonde sur les données concernant les diplômés du sexe masculin des États-Unis, vu que les femmes ne constituent qu'une fraction minime des diplômés en science et en génie au Canada. Pour simplifier le calcul nous déduisons les 10 p. 100 de la classe des finissants. L'erreur minime qui en résulte ne fait que compenser l'erreur insignifiante résultant de l'absence de tout facteur qui tiendrait compte de l'adjonction tardive à la population active d'une fraction des étudiants au niveau de la maîtrise ou du doctorat (exprimée en étudiants à plein temps).

(c) *Usure normale*: A côté de l'effet susdit produit par le changement de profession, la population active dans son ensemble subit une usure continue causée par les décès et les mises à la retraite. La statistique actuarielle parle de taux d'usure allant de 1 p. 100 à plus de 3 p. 100 dans le cas des hommes, suivant la composition de l'âge de la profession considérée.⁴⁰

«Dans le cas des femmes, le taux varie entre 3 et 5 p. 100. Dans les professions qui viennent de connaître une croissance rapide et où la proportion des jeunes est grande les taux de retraite et de décès occupent la partie inférieure de l'échelle. Dans les projections données à titre d'exemple le taux de retraite et de décès des ingénieurs était évalué à 1.5 p. 100 par an pendant la prochaine décennie.» (Réf. 40.)

En ce qui concerne l'effectif des scientifiques et des ingénieurs il suffit de tenir compte des taux masculins. Étant donné que la population active du

Canada est plus jeune et s'accroît plus rapidement et vu le rattrapage probable en sciences et en technologie, il faut sans doute postuler un taux d'usure inférieur au taux américain; mais en adoptant un taux de 1.5 p. 100 on aura fait une évaluation prudente.

(d) *Immigration et Émigration*: Le tableau 6 donne les chiffres relatifs à l'immigration*, à l'émigration et à l'immigration nette au Canada de scientifiques et d'ingénieurs pendant les cinq dernières années. On y constate une croissance rapide de l'immigration nette qui atteint 3006 en 1966, chiffre qui représente quelque 40 p. 100 des scientifiques et des ingénieurs sortis des universités canadiennes en 1965-1966. Le nombre d'immigrants, s'il se maintient à ce niveau, peut évidemment cacher l'effet d'un léger glissement dans le choix d'une discipline par les étudiants canadiens. Le niveau élevé d'aujourd'hui est sans doute dans une large mesure le résultat de la

Tableau 6.—Émigration vers les États-Unis de scientifiques et d'ingénieurs dont la dernière résidence était au Canada^{41,42}

Item	1962	1963	1964	1965	1966
Ensemble dont le dernier lieu de résidence était au Canada	1,060	1,171	1,089	1,191	1,105
Scientifiques.....	237	274	293	289	246
Ingénieurs.....	823	897	796	902	859

Immigration au Canada de scientifiques et d'ingénieurs⁴³

Item	1962	1963	1964	1965	1966
Immigration totale de scientifiques et d'ingénieurs.....	1,377	1,568	2,032	3,110	4,111
Scientifiques.....	410	370	556	856	1,101
Ingénieurs.....	967	1,198	1,476	2,254	3,010
Immigration nette de scientifiques et d'ingénieurs.....	317	397	943	1,919	3,006

* Le nombre des gens émigrés aux États-Unis et rentrés plus tard au Canada n'a jamais été bien compté. Les estimations du nombre de gens de toutes professions ainsi rentrés au pays varient de 1 sur huit à autant que sept sur huit (K. V. Pankhurst, *Migration between Canada and the United States, Annals of the American Academy of Political and Social Science*, septembre 1966). La campagne de recrutement «Opération-Récupération» semble renforcer le courant. Les chiffres exacts de l'immigration nette pourraient donc dépasser de beaucoup les chiffres retenus ici.

situation économique précaire du Royaume-Uni et des troubles intérieurs, des réductions budgétaires, des appels sous les drapeaux, etc. aux États-Unis. Cette situation durera probablement au moins trois ans mais pourrait être suivie d'une demande croissante aux États-Unis en raison de la pénurie causée par les récentes modifications apportées au programme d'appel sous les drapeaux. Il se peut que l'immigration au Canada en provenance du Royaume-Uni atteigne des proportions particulièrement élevées au cours des trois prochaines années à cause des changements récents apportés aux lois de l'immigration des États-Unis, qui ont par inadvertance interdit l'entrée aux immigrants britanniques, jusqu'à ce que les immigrants d'autres pays, en retard sur le quota, n'aient été admis. L'émigration des Canadiens vers les États-Unis pourrait également s'en trouver entravée. Par ailleurs, l'importance de l'émigration canadienne vers les États-Unis dépendra dans une large mesure de la situation et du programme politique du Canada. Tous ces facteurs apportent un élément de fluctuation et d'imprévu à la prédiction de l'offre de la main-d'œuvre diplômée au Canada. Aux fins de cette première projection nous proposons les postulats qui figurent au tableau 7, avec cette réserve que la situation a besoin d'être revue et révisée à mesure qu'elle évolue. Nous avons postulé une immigration nette correspondant à 30 p. 100 des grades conférés* pendant les trois années 1967 à 1969, cette proportion se réduisant à 20 p. 100 après 1970 à mesure qu'augmente le nombre de grades canadiens conférés et que la situation au Canada et ailleurs se stabilise comme nous l'espérons. Ces postulats sont susceptibles d'une erreur considérable et sont probablement très prudents c'est-à-dire que l'offre potentielle est sans doute sous-évaluée.

(e) *Admission aux cadres*: Il est d'usage, notamment en génie, d'accorder à bon nombre de travailleurs techniques le statut de professionnel sans qu'il y ait diplôme officiel, soit après leur avoir fait subir un examen établi par une association professionnelle, soit sur l'avis de leurs directeurs et de leurs surintendants dans l'industrie ou simplement suivant l'idée que le travailleur se fait de lui-même. Ainsi l'enquête effectuée parmi les personnes classifiées comme exerçant une profession scientifique ou technique pendant le recensement de 1960 aux États-Unis par le *Bureau of Census* pour la *National Research Foundation* (Réf. 7 page 86) révéla que 45.5 p. 100 des ingénieurs de la population active civile ne détenaient pas de diplôme universitaire. Par contre, suivant le *National Register of Scientific and Technical Personnel*¹⁴ il n'y avait que très peu de personnes parmi les scientifiques, beaucoup moins nombreux, qui n'avaient pas de grade.

* Ce qui justifie de rattacher les données hypothétiques de l'immigration au nombre de grades conférés par les universités, c'est qu'on s'attend généralement que la production universitaire soit fonction dans une certaine mesure du taux auquel augmentent les nouveaux débouchés dans la société. Cependant, en période de vive augmentation des ressources d'origine intérieure, il y a lieu de douter que la demande se maintienne au même rythme et de s'attendre que les ressources intérieures se substituent de plus en plus aux ressources étrangères. La baisse retenue de 30 à 20 p. 100 vise à tenir compte de cet effet, mais il faut reconnaître qu'il s'agit d'une conjecture.

Tableau 7.—Immigration nette de scientifiques et d'ingénieurs par rapport au nombre de diplômés universitaires

Année	Immigration nette	Nombre de titulaires d'un grade conféré pendant l'année scolaire se terminant pendant l'année indiquée	Proportion des immigrés par rapport aux grades conférés
1962.....	317	5,154	6.2
1963.....	397	5,393	7.4
1964.....	943	6,259	15
1965.....	1,919	6,700	29
1966.....	3,006	7,140	42
1967.....			(30)
1968.....			hypothétique (30)
1969.....			(30)
1970.....			(20)
•			•
•			•
•			•
•			•
1978.....			•

L'enquête du *National Register* se faisait au moyen de questionnaires par l'intermédiaire des associations professionnelles et définissait pratiquement le baccalauréat ou un grade supérieur comme critère pour juger de la qualité de cadre. Il n'est donc pas surprenant qu'il n'y avait que 1 ou 2 p. 100 de scientifiques qui avaient des titres inférieurs au baccalauréat. Une troisième source de statistiques sur les États-Unis est le *Bureau of Labor Statistics* qui demande aux employeurs de décrire l'emploi réel de leurs employés. L'écart auquel donnent lieu ces méthodes de collecte ressort des chiffres ci-dessous (d'après la réf. 44, page 3).

Tableau 8.—Estimation du nombre de scientifiques faisant partie de la population active des États-Unis

Source	Nombre	Classe
U.S. National Register (1964).....	224,000	Scientifiques en sciences naturelles et certaines catégories de scientifiques en sciences sociales
U.S. Bureau of Labor Statistics (1963)..	361,000	Scientifiques en sciences naturelles seulement
U.S. Bureau of the Census (1960).....	275,000	Scientifiques en sciences naturelles ou sociales

A voir le deuxième et le troisième chiffre on devine l'ampleur du problème de l'admission aux cadres sans pouvoir faire des estimations numériques. La *National Science Foundation* a entrepris plusieurs études dans le but de connaître et de concilier les écarts entre ces méthodes de collecte des données. En réponse à une demande, la *National Science Foundation* vient de faire savoir que selon son estimation quelque 300,000 à 375,000 des 1.5 million de membres de la population active des États-Unis classés comme scientifiques et ingénieurs n'avaient pas de grade sanctionnant au moins quatre année d'études universitaires. Les statistiques canadiennes révèlent une situation semblable et une imprécision semblable de la définition. Une enquête menée chez les employeurs par le ministère du Travail⁴⁵ en 1962 a montré que 4 p. 100 des personnes travaillant comme ingénieurs n'avaient pas de grade mais avaient été admis aux cadres et que 9.3 p. 100 n'avaient ni grade ni avaient-ils été admis aux cadres. Les chiffres correspondants relatifs aux personnes employées comme scientifiques en sciences naturelles étaient 1.2 p. 100 et 2 p. 100. Un rapport antérieur du ministère du Travail⁴⁶ permet d'établir le taux approximatif annuel de l'admission aux cadres d'une année, soit 1959. Parmi les employés interrogés le nombre de personnes admises aux cadres en 1959 autrement que par la collation d'un grade universitaire était de 473. Ce chiffre correspond à 23 p. 100 des nouveaux diplômés embauchés. Malgré leur petit nombre, ces données indiquent que les personnes admises aux cadres constituent un élément appréciable de l'accroissement annuel des cadres de scientifiques et d'ingénieurs. Quelle hypothèse faut-il formuler aux fins de la projection? Le phénomène de l'admission aux cadres prendra-t-il l'ampleur ou diminuera-t-il d'importance dans l'avenir? Le fait que les études universitaires deviennent accessibles à tous ceux qui ont les aptitudes voulues milite en faveur de la deuxième hypothèse; la barrière financière tombe. D'autre part, deux phénomènes sociaux tendent à lui donner de l'ampleur: (1) le nombre croissant de diplômés d'un établissement de technologie, qui sont déjà à mi-chemin, (2) l'ampleur croissante de l'éducation permanente, des cours donnés au sein des entreprises, etc., où l'on accorde moins d'importance aux diplômes officiels. Il faut d'ailleurs admettre que l'admission aux cadres est sujette à de grandes fluctuations. Elle est à son apogée quand une forte demande s'oppose à une offre déficitaire. Compte tenu de ces éléments, nous proposons comme une première hypothèse arbitraire, une proportion d'admissions aux cadres équivalant à 20 p. 100 des nouveaux diplômés. Rattaché au nombre de diplômés plutôt qu'à l'ensemble de la population active, ce chiffre tendra à monter en fonction de l'importance accrue accordée à l'instruction supérieure. A notre avis les hypothèses sont prudentes en ce que l'accroissement de l'effectif des scientifiques et ingénieurs par l'admission aux cadres est sous-évalué.

(f) *Étudiants étrangers*: Un certain nombre des étudiants qui obtiennent un grade d'une université canadienne sont des étrangers qui ne feront pas partie de la population active du Canada ou qui, s'ils le feront, y figure-

ront comme immigrants. Pour tenir compte de la situation existante nous proposons, après examen d'anciens registres, une proportion de 5 p. 100 de chaque classe finissante comme approximation raisonnable.

En résumé, nous émettons les hypothèses provisoires suivantes au sujet de l'accroissement annuel futur des cadres de scientifiques et d'ingénieurs:

Abandon de carrière: 10 p. 100 de la classe finissante (à déduire).

Usure attribuable aux décès et aux mises à la retraite: 1.5 p. 100 des cadres de scientifiques et d'ingénieurs (à déduire).

Immigration nette: 30 p. 100 de la classe finissante jusqu'en 1969, 20 p. 100 par la suite suivant le tableau 6 (à ajouter).

Admission aux cadres: 20 p. 100 de la classe finissante (à ajouter).

Étudiants étrangers: 5 p. 100 de la classe finissante (à déduire).

La dernière estimation officielle des cadres scientifiques et techniques du Canada a été faite relativement à l'année 1963. Le chiffre qui a été communiqué à l'OCDE⁶ était 92,600 et comprenait les architectes. En soustrayant le nombre estimatif d'architectes pour nous conformer aux définitions nous arrivons à 89,760, chiffre qui est à la base de notre projection figurant au tableau 9.

Tableau 9.—Projection de l'effectif canadien en scientifiques et en ingénieurs jusqu'en 1978*

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Année	Scientifiques et ingénieurs sortis des universités au niveau du baccalauréat	Abandon de carrière	Étudiants étrangers	Admission aux cadres	Immigration nette + 30% de (2) jusqu'en 1969, ensuite 20%	Usure -1.5% de (8) de l'année précédente	Effectif total de scientifiques et d'ingénieurs (chiffres arrondis)
1963....	+				+	+	89,760
1964....	6,260	626	313	1,252	943*	1,350	95,900
1965....	6,700	670	335	1,340	1,919*	1,440	104,000
1966....	7,240	724	362	1,448	3,006*	1,570	113,000
1967....	8,230	823	412	1,646	2,480	1,700	123,000
1968....	9,450	945	472	1,890	2,840	1,840	134,000
1969....	10,760	1,076	538	2,152	3,220	2,000	146,000
1970....	12,100	1,210	605	2,420	2,420	2,180	159,000
1971....	13,400	1,340	670	2,680	2,680	2,380	174,000
1972....	14,800	1,480	740	2,960	2,960	2,590	190,000
1973....	16,000	1,600	800	3,200	3,220	2,840	207,000
1974....	17,000	1,700	850	3,400	3,400	3,100	225,000
1975....	17,900	1,790	895	3,580	3,580	3,370	244,000
1976....	18,600	1,860	930	3,720	3,720	3,650	263,000
1977....	19,100	1,910	955	3,820	3,820	3,940	283,000
1978....	20,000	2,000	1,000	4,000	4,000	4,240	304,000

*Données statistiques.

Erreurs et imprévus

Toute projection constitue une prédiction de l'avenir et est donc sujette aux erreurs résultant d'une fausse interprétation des tendances actuelles et aux erreurs causées par des faits nouveaux ou inattendus dans la suite des événements. L'incertitude actuelle de la situation mondiale: guerre au Vietnam, troubles raciaux aux États-Unis, crise de l'or, recul des échanges mondiaux qui s'annonce, tension constitutionnelle entre les gouvernements fédéral et provinciaux du Canada, etc., laisse la porte grandement ouverte à des surprises et crises de toute sorte qui pourraient influencer sur les tendances de l'offre et de la demande de main-d'œuvre—elle pourrait même conduire au chômage généralisé. Les incertitudes économiques d'aujourd'hui, alliées aux restrictions apportées aux dépenses du secteur public ont créé tout au long des années 1967 à 1968 au Canada une situation marquée par le ralentissement de l'embauche de nouveaux diplômés dans le secteur privé et public. L'excédent de l'offre s'accroît par suite de l'immigration élevée qu'accompagne une certaine baisse de l'émigration vers les États-Unis des jeunes qui craignent d'être appelés sous les drapeaux. L'effet de cet excès d'offre en perspective pourrait fournir aux établissements d'enseignement l'occasion d'améliorer la qualité de leur corps enseignant en conseillant aux moins aptes de chercher un emploi ailleurs. L'amélioration qualitative de l'enseignement qui en résulterait serait éminemment souhaitable mais ne réduirait guère le besoin futur d'instruction supérieure. En règle générale, la partie la mieux instruite et qualifiée de la population active souffre peut-être de sous-emploi, c'est-à-dire que ses aptitudes ne sont pas utilisées à fond, mais elle se trouve rarement sans travail. Ceux qui ont une instruction inférieure sont déclassés et ce sont les moins instruits qui grossissent les rangs des sans-travail même s'ils suffisaient à la tâche qu'ils viennent de quitter. Des considérations semblables présideront au choix d'une discipline. Si une grande crise économique pouvait décourager les scientifiques et les ingénieurs par la perspective d'un avenir plus sombre dans un monde moins prometteur, un changement de discipline en faveur des lettres n'offrirait guère de meilleures chances. Les titulaires d'un grade dans une spécialité technique, y compris les économistes, les mathématiciens, les sociologues, etc., se trouveraient sans doute dans une meilleure situation. On se tourne davantage vers les beaux-arts, l'histoire et la philosophie quand la stabilité économique est assurée.

Dans le passé, une crise économique aurait entraîné une réduction considérable du nombre d'étudiants universitaires en raison de la diminution du revenu personnel. De nos jours, où l'on prône l'égalité des chances pour tous, s'il est concevable que les dépenses en locaux et en personnel soient réduites au minimum, il se pourrait même qu'on encourage les jeunes à poursuivre leurs études au-delà du premier grade puisque autrement ils ne feraient que grossir les rangs des chômeurs.

A ce titre, même un recul économique d'une certaine importance n'agirait qu'indirectement sur les tendances projetées. D'autre part, la prospérité et de nouvelles entreprises d'envergure nationale visant à mettre la technologie à contribution pour des travaux d'utilité publique relevant, par exemple, des transports, des communications, de l'urbanisme ou de l'aménagement du territoire pourraient susciter l'intérêt du public et créer un renouveau d'enthousiasme pour les carrières en sciences et en génie. Des temps difficiles pourraient provoquer un recul des admissions aux cadres, mais aussi une préférence accrue accordée au cours d'ordre pratique. La prospérité pourrait causer un accroissement des admissions aux cadres mais également une préférence accrue accordée aux arts ou aux sujets destinés à meubler les loisirs. Une amélioration ou une détérioration des conditions économiques au Canada par rapport à l'étranger pourrait entraîner un accroissement ou une diminution correspondantes de l'immigration. Une immigration extrêmement élevée créerait des pressions (et des occasions) de mettre ces talents à contribution. Une productivité accrue pourrait amener des loisirs plus étendus et une usure plus élevée à la suite de mises à la retraite prématurées (qui pourraient également se produire à la suite d'un excès d'offre). A cause de la multiplicité de ces facteurs, il est impossible d'évaluer «l'erreur probable» de la projection dans l'acception usuelle du mot. La projection peut être tout au plus considérée comme une «conjecture très raisonnée». L'imprécision est atténuée par le fait que l'incidence des erreurs de l'accroissement annuel hypothétique sur l'effectif final est réduite par l'effet stabilisateur de l'effectif initial. Le temps projeté dans lequel l'effectif des scientifiques et d'ingénieurs doublera est de huit à neuf ans. Ainsi une erreur de 20 p. 100 de l'accroissement hypothétique net pourrait à la longue produire une erreur de 10 p. 100 de l'ensemble après huit ou neuf ans. Une variation de cet ordre de grandeur pourrait, par exemple, provenir d'une réduction de l'immigration nette à zéro pendant la plupart de la période projetée.

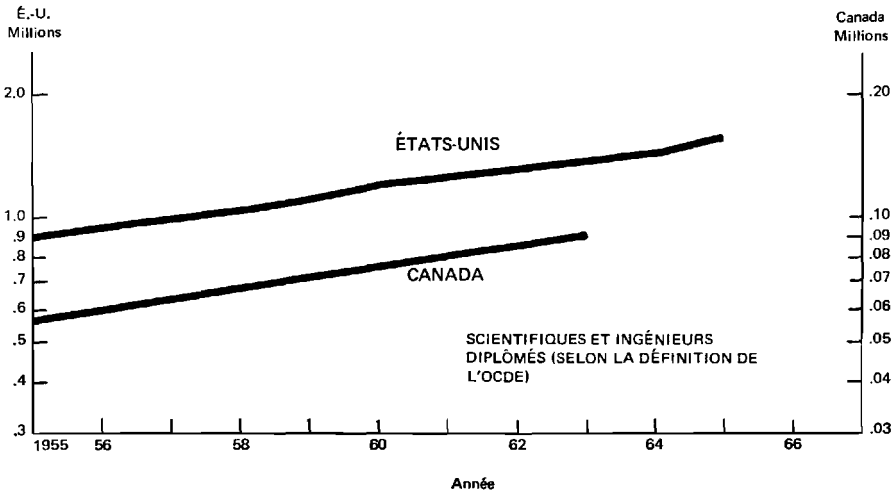
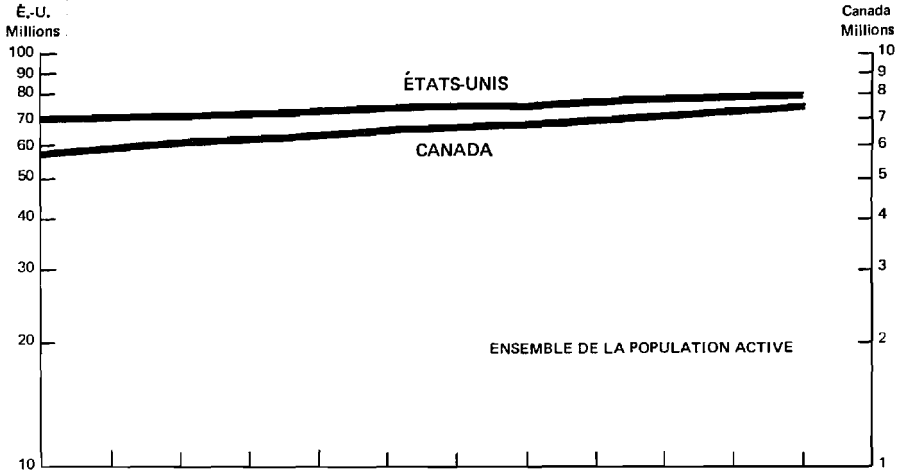
En ce qui concerne les données démographiques, comme le nombre de personnes comprises dans le groupe d'âge 18-20, nous sommes à peu près sûrs de nos faits puisque même les finissants de l'année 1978 fréquentent déjà l'école. Une possibilité d'erreur réside dans la proportion de ce groupe dont nous supposons qu'elle poursuivra des études supérieures. Cette proportion est censée passer de 10.1 p. 100 en 1965-1966 à 18.2 p. 100 en 1975-1976, mais il s'agit là de l'extrapolation d'une augmentation à long terme assez stable que confirme l'évolution aux États-Unis où la proportion avait atteint 19.4 p. 100 en 1965-1966.

Les erreurs les plus graves proviendront donc probablement de causes extrinsèques: immigration, admission aux cadres, usure, causes les plus sujettes à l'influence de la conjoncture politique ou économique. D'autre part, s'il se peut que la projection des tendances évolutives de l'accroissement soit exacte, la projection de l'effectif scientifique et technique en nombre absolu dépend de l'exactitude des données d'une seule année de base, soit

1963. Il est à espérer que les travaux actuels du ministère de la Main-d'œuvre et de l'Immigration et du Bureau fédéral de la statistique fourniront, dans un proche avenir, des points de repère supplémentaires et plus récents.

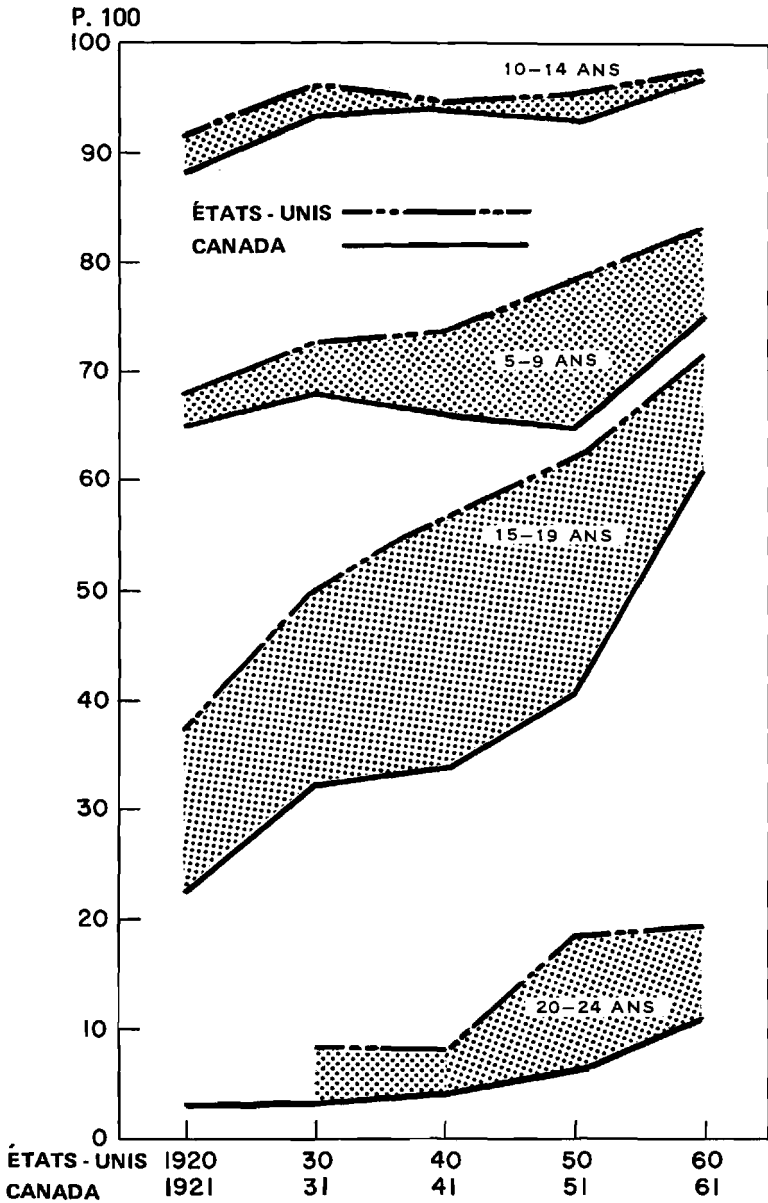
En résumé, le présent exposé est un premier exercice visant à prédire les ressources probables du Canada en cadres scientifiques et techniques pour les dix prochaines années. Nous espérons qu'il sera de quelque utilité lorsque les lignes directrices en matière de science seront à l'étude. Comme toute projection, cependant, il faut le considérer comme provisoire, sujet à confirmation et à révision à mesure que la qualité des données de base s'améliore et que le temps avance.

Figure 1.—Population active du Canada et des États-Unis



Note: La population active comprend les forces armées. Références 1-8.

Figure 2.—Inscriptions des étudiants masculins par rapport à la population masculine, par groupe d'âges: Canada et États-Unis



Repris de: G. W. Bertram, «Apport de l'éducation à la croissance économique», Conseil économique du Canada, Étude n° 12 (juin 1966).

Figure 3.—Pourcentage des scientifiques et des ingénieurs par rapport à la population active

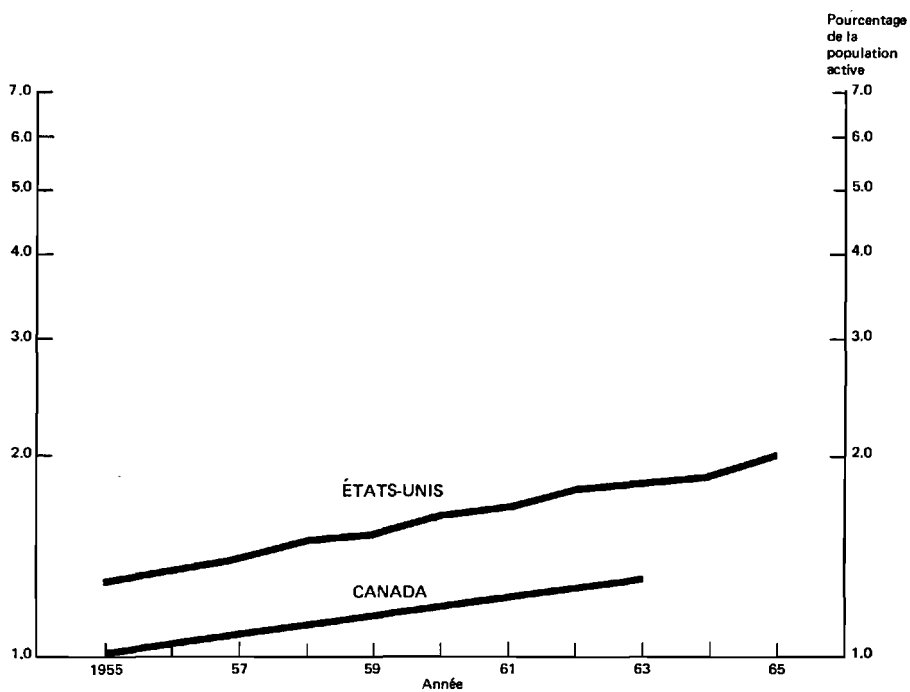
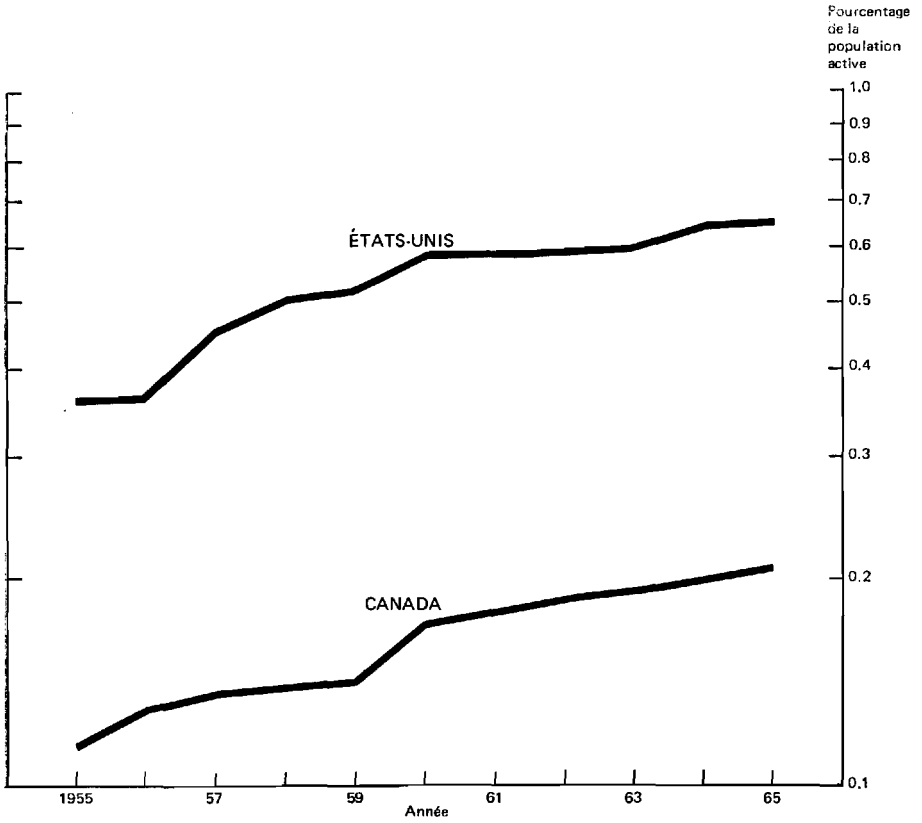
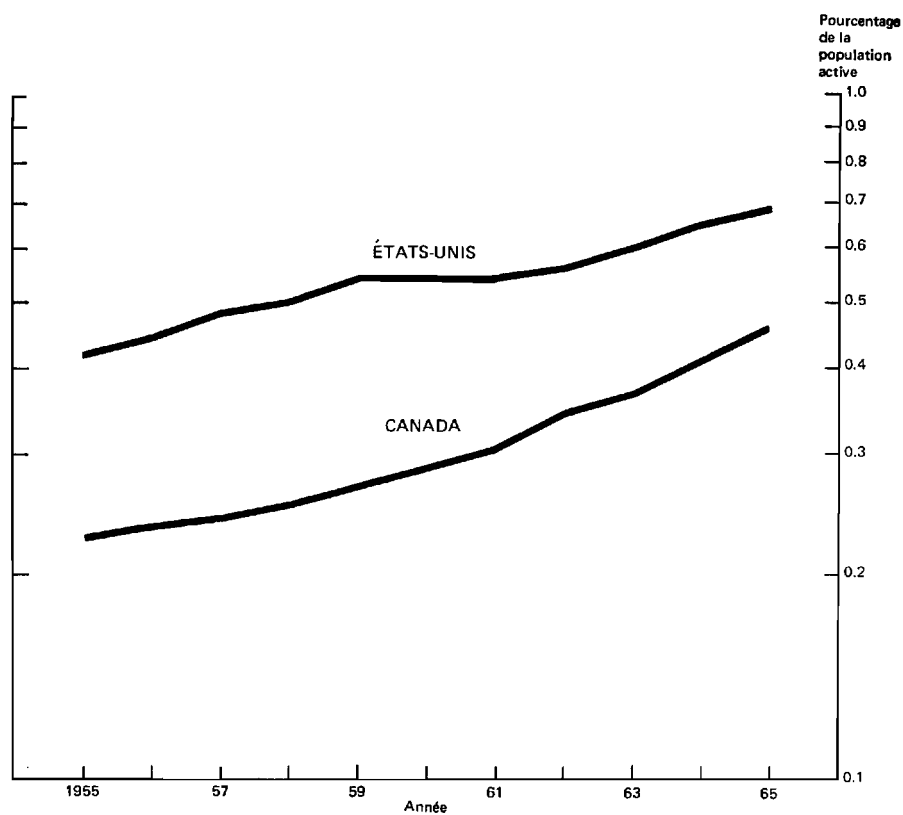


Figure 4.—Pourcentage des scientifiques et des ingénieurs affectés à la recherche et au développement par rapport à la population active



Références 16-28.

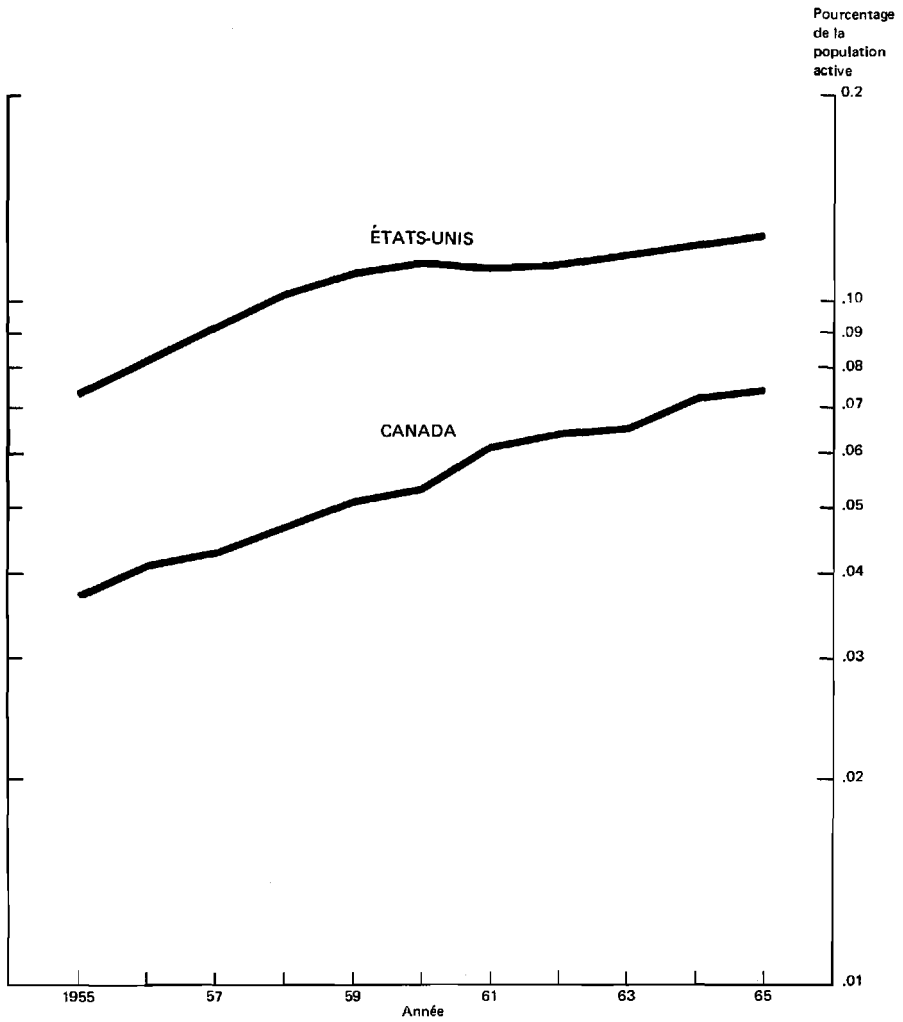
Figure 5.—Nombre de premiers grades* conférés par rapport à la population active (y compris les professions relatives à la santé), année scolaire 1959-1960-1960



Références 7, 29-32.

* «Premier grade» s'entend d'un baccalauréat ou d'un premier grade professionnel.

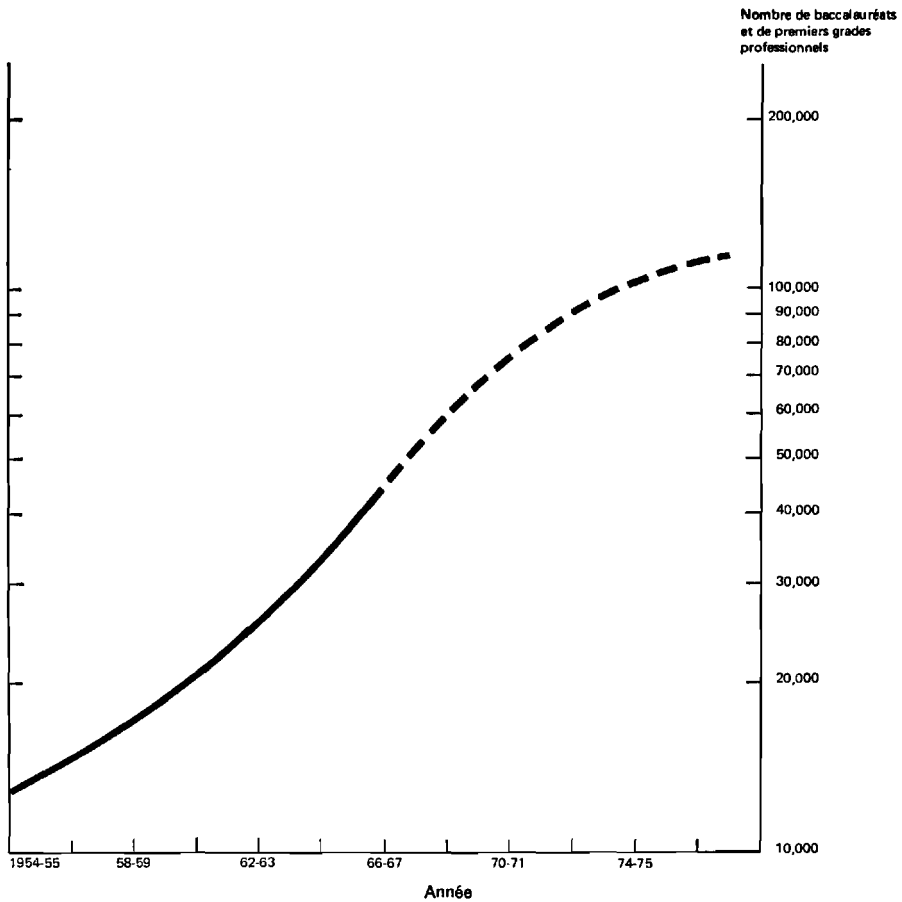
Figure 6.—Nombre de premiers grades conférés en sciences naturelles et en génie par rapport à la population active (sans les professions relatives à la santé, l'agriculture et l'architecture) année scolaire 1959-1960-1960



Références 7, 29, 31-33.

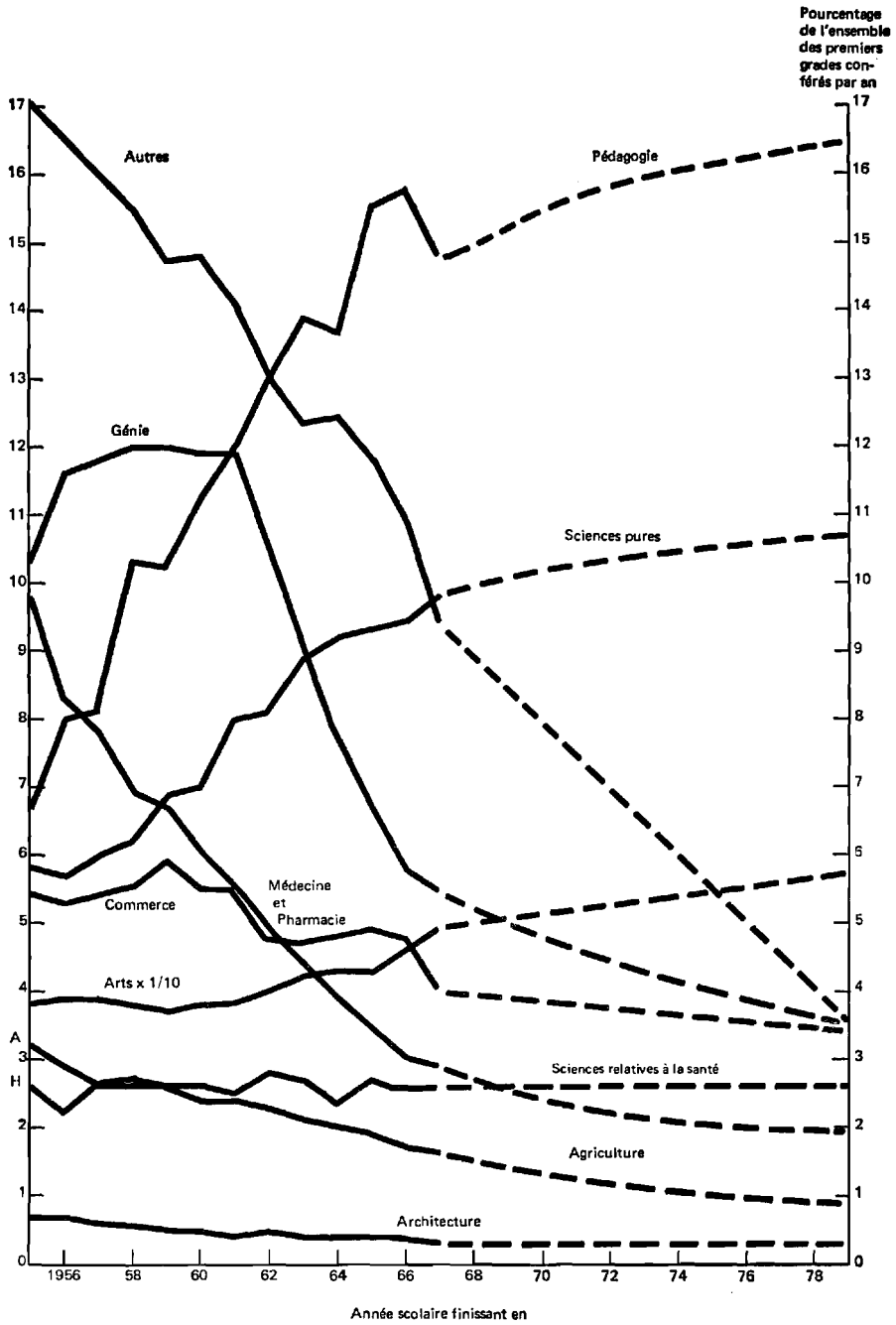
Note: Ne sont pas compris dans les chiffres canadiens les mathématiques et un certain nombre de bacheliers ès sciences figurant parmi les bacheliers ès arts.

Figure 7.—Projection du nombre total de baccalauréats et de premiers grades professionnels conférés annuellement



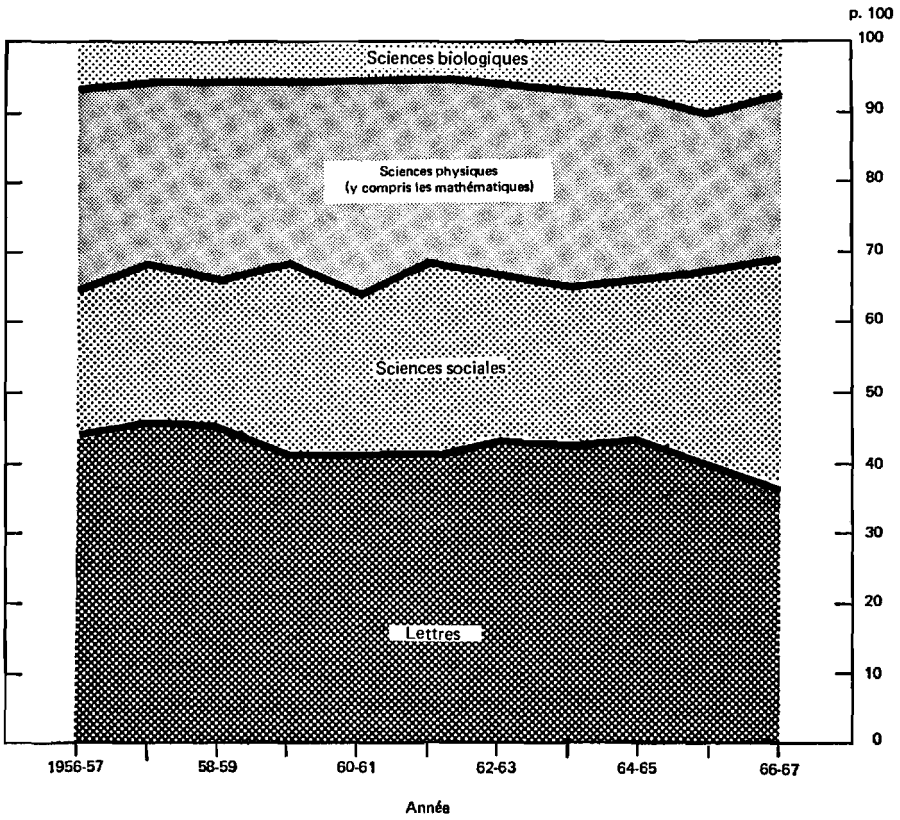
W. M. Illing, Z. E. Zsigmond, «Inscription aux écoles et aux universités, 1951-1952 à 1975-1976». Étude n° 20, Conseil économique du Canada, octobre 1967.

Figure 8.—Répartition des premiers grades selon les spécialités: Canada: effectifs existants et projetés



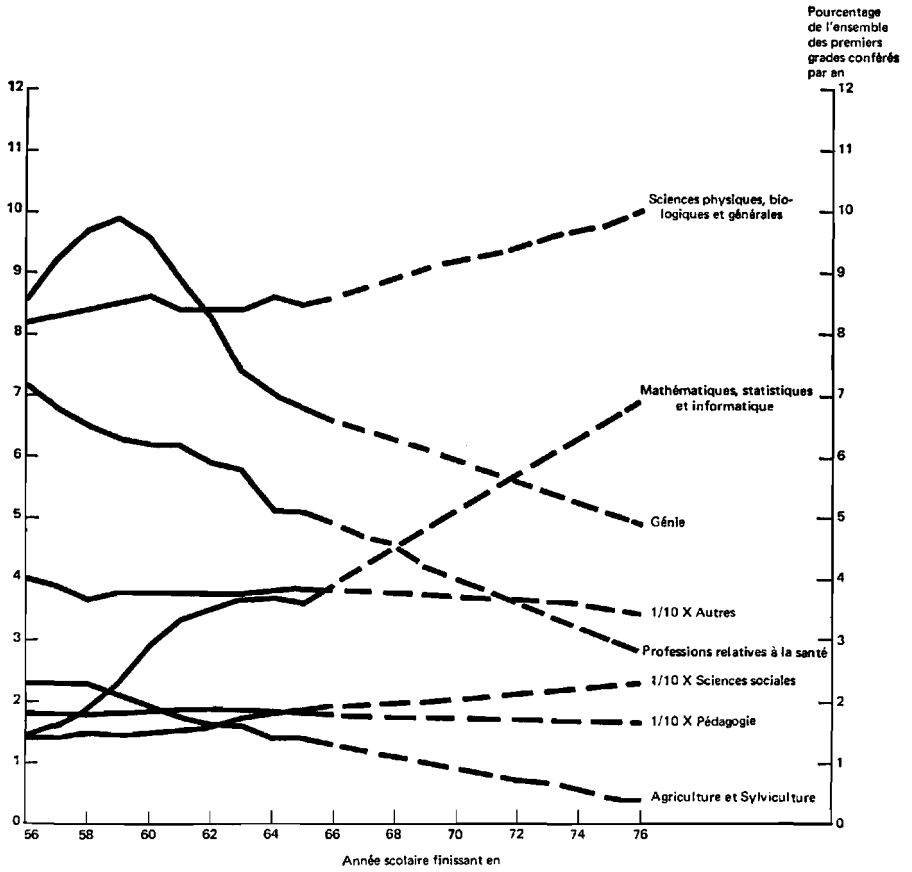
Références 33, 35, 36.

Figure 9.—Répartition par disciplines générales des baccalauréats spécialisés conférés par les universités canadiennes



Références 31, 33.

**Figure 10.—Répartition des baccalauréats et des premiers grades professionnels:
É.-U.—effectifs existants et projetés**



Références

- ¹ Organisation de coopération et de développement économique (OCDE), «Statistiques de main-d'œuvre, 1954-1964», Paris, 1965.
- ² Organisation internationale du travail «Annuaire des statistiques du travail», Genève, 1966.
- ³ U.S. Bureau of the Census, «Statistical Abstract of the United States: 1967» (88^e édition), Washington, 1967.
- ⁴ Bureau fédéral de la statistique, «Main-d'œuvre, statistique désaisonnalisée, janvier 1963—décembre 1966», catalogue du B.F.S. n° 71-201, Ottawa, 1968.
- ⁵ National Science Foundation, «Trends in Employment and Training of Scientists and Engineers», NSF 1956-11, Washington, 1956.
- ⁶ OCDE, «Resources of Scientific and Technical Personnel in the OECD Area», Paris, 1963.
- ⁷ National Science Foundation, «Scientific and Technical Manpower Resources», NSF 1964-28, Washington, 1964.
- ⁸ Les chiffres de 1955, 1960 et 1963 concernant les cadres et ingénieurs canadiens ont été fournis par le ministère de la Main-d'œuvre et de l'Immigration. Les chiffres de 1960 et 1963 sont les mêmes que ceux de la référence ⁹ ci-dessus, sauf que le nombre estimatif des architectes en a été déduit.
- ⁹ Conseil économique du Canada, «Quatrième exposé annuel: L'Économie canadienne des années 1960 aux années 1970», Imprimeur de la Reine, Ottawa, septembre 1967.
- ¹⁰ U.S. Dept. of Labor, «Manpower Report of the President», transmis au Congrès, Washington, avril 1967.
- ¹¹ Whittingham, F. S., «Niveau d'instruction de la population canadienne et de la main-d'œuvre: 1960-1965», Études spéciales de la main-d'œuvre, n° 1, B.F.S. 71-505, Ottawa, 1966.
- ¹² Bertram, G. W., «Apport de l'éducation à la croissance économique», Conseil économique du Canada, Études n° 12, juin 1966.
- ¹³ Conseil économique du Canada, «Deuxième exposé annuel: Vers une croissance économique équilibrée et soutenue», Imprimeur de la Reine, Ottawa, décembre 1965.
- ¹⁴ Les chiffres relatifs au Canada ont été réunis par M. O. J. Firestone, «Education and Economic Development—The Canadian Case», exposé présenté lors du dixième congrès général de la International Association for Research in Income and Wealth, Maynooth College, Irlande, du 20 au 26 août 1967. Sources primitives: i) B.F.S., «Les finances de l'enseignement, 1963», B.F.S. 81-208, Ottawa, 1967. ii) B.F.S., «Statistiques provisoires de l'enseignement, 1965-1966», B.F.S. 81-201, Ottawa, 1966.
- ¹⁵ OCDE, «Proposed Standard Practice for Surveys of Research and Development», OCDE, DAS/PD/62.47 (3^e révision), Paris.
- ¹⁶ Suivant la définition de l'OCDE, les sciences naturelles ne comprennent pas l'agriculture.
- ¹⁷ Les chiffres de 1955, 1956 et 1957 relatifs aux États-Unis ont été établis par estimation à partir des dépenses (Référence ¹) divisées par le coût moyen par cadre (exprimées en cadres à plein temps).
- ¹⁸ Les chiffres de 1958, 1961 et 1965 relatifs aux États-Unis ont été tirés de l'étude de la National Science Foundation «National Patterns of R & D Resources, Funds and Manpower in the U.S., 1953-1968», NSF 1967-7, Washington, 1967.

- ¹⁹ Le chiffre de 1959 relatif aux États-Unis a été calculé à partir de données tirées de la Référence ⁶.
- ²⁰ Le chiffre de 1960 relatif aux États-Unis a été tiré de la publication de la National Science Foundation «Profile of Manpower in Science and Technology», NSF 1963-23, Washington, 1963.
- ²¹ Le chiffre de 1962 relatif aux États-Unis a été tiré de l'étude de Freeman, C. et Young, A. «L'effort de recherche et de développement en Europe occidentale, Amérique du Nord et Union soviétique», OCDE, Paris, 1965.
- ²² Les chiffres de 1963 relatifs aux États-Unis ont été établis par estimation à partir de données tirées de la référence ⁷ et de l'étude de la National Academy of Sciences, Committee on Utilization of Scientific and Engineering Manpower «Toward Better Utilization of Scientific and Engineering Talent», Washington, 1964.
- ²³ Le chiffre de 1964 relatif aux États-Unis a été tiré de la publication de l'OCDE «International Statistical Year for Research and Development, A Study of Resources Devoted to R & D in OECD Member Countries in 1963/64, Statistical Tables and Notes», Paris, 1968.
- ²⁴ Les chiffres de 1955, 1957 et 1959 relatifs au Canada ont été établis par estimation à partir de données trouvées dans (i) le Volume 4, page 315, de la Commission Royale d'enquête sur l'organisation du Gouvernement, Ottawa, 1963; (ii) de la publication du B.F.S. «Industrial R & D Expenditures in Canada 1957», B.F.S. 13-509, Ottawa, 1958; (iii) de l'étude du Conseil de prévision du CNR «Sommes consacrées à la recherche en sciences et en ingénierie dans les universités canadiennes», Direction des études économiques, Étude n° 9196, Conseil national des recherches, Ottawa, 1966.
- ²⁵ Le chiffre de 1956 relatif au Canada a été calculé à partir des données tirées de «The Problem of Scientific and Technical Manpower in Western Europe, Canada, and the U.S.», Organisation européenne de coopération économique (OECE), Paris, 1957.
- ²⁶ Les chiffres de 1960 et de 1962 relatifs au Canada ont été établis par estimation à partir de la référence 6 et (i) de «Emploi et gains dans les professions scientifiques et techniques, 1959-1962», rapport n° 14, Division de l'économie et des recherches, ministère du Travail, Ottawa, 1963; (ii) de l'étude de l'OCDE «Training of and Demand for High-Level Scientific and Technical Personnel in Canada», Paris, 1966.
- ²⁷ Le chiffre de 1963 relatif au Canada a été tiré de la Référence ²³.
- ²⁸ Le chiffre de 1965 relatif au Canada a été établi par estimation à partir de données tirées de (i) B.F.S. «Dépenses du gouvernement fédéral au titre de l'activité scientifique, Exercice 1964-1965», B.F.S. 13-401, Ottawa, 1967; (ii) du Supplément 3 au Bulletin quotidien du B. F. S. «Dépenses de recherche et de développement dans l'industrie canadienne en 1965», avril 1967; (iii) de la publication «Dépenses des organismes sans but lucratif au titre de l'activité scientifique, 1965», B.F.S. 13-526, Ottawa, 1967; (iv) d'une estimation faite par M. H. Stead, B.F.S., fondée sur les dépenses courantes intra-muros du gouvernement; (v) de la référence ²⁴ (iii) ci-dessus.
- ²⁹ U.S. Department of Health, Education and Welfare, «Digest of Educational Statistics, 1966», Rapport n° OE-10024-66, Washington, 1966.
- ³⁰ B.F.S. «Relevé de l'enseignement supérieur, 1965-1966, Partie I—Inscriptions d'automne aux universités et collèges», B.F.S. 81-204, Ottawa, 1966.
- ³¹ B.F.S. «Relevé de l'enseignement supérieur, 1964-1965, Partie II—Grades, personnel et résumé», B.F.S. 81-211, Ottawa, 1967.
- ³² Même référence que 14 (ii).
- ³³ B.F.S., «Relevé de l'enseignement supérieur, 1954-1961», B.F.S. 81-518, Ottawa, 1963.

- ³⁴ Illing, W. M., et Zsigmond, Z. E., «Inscriptions aux écoles et aux universités, 1951-1952 à 1975-1976», Étude n° 20, Conseil économique du Canada, Ottawa, octobre 1967.
- ³⁵ Mitchener, R. D., «Premiers grades accordés par les universités et collèges canadiens, prévisions jusqu'en 1976-1977», Fondation des universités canadiennes, Ottawa, 1964.
- ³⁶ B.F.S., «Diplômés des universités et collèges par régions, 1965-1967», le Bulletin quotidien, Vol. 37, n° 13, 18 janvier 1968.
- ³⁷ U.S. Department of Health, Education and Welfare, «Projections of Educational Statistics to 1975-76», Superintendent of Documents, n° de catalogue FS5.210:10030-66, Washington, 1966.
- ³⁸ B.F.S., «Inscriptions aux universités et collèges du Canada en 1967-1968», le Bulletin quotidien, Vol. 37, n° 57, 25 mars 1968.
- ³⁹ Manpower Comments, Vol. 4, n° 11, décembre 1967, page 12, publié par la Scientific Manpower Commission et la Engineering Manpower Commission, 2101 Constitution Ave. N.W., Washington, D.C.
- ⁴⁰ Rosenthal, N., «Projections of Manpower Supply in a Specific Occupation», Monthly Labor Review, November 1966, Reprint No. 2512, U.S. Dept. of Labor, Bureau of Labor Statistics, Washington.
- ⁴¹ National Science Foundation, «Scientists and Engineers from Abroad, 1962-64», NSF 67-3, Washington, 1967.
- ⁴² «The Brain Drain in the U.S. of Scientists, Engineers and Physicians», A Staff Study for the Research and Technical Programs Committee of the Committee on Government Operations, U.S. House of Representatives, Washington, Juillet 1967.
- ⁴³ Statistique de l'immigration, Canada, 1962-1966, fournie par le ministère de la Main-d'œuvre et de l'Immigration, Ottawa.
- ⁴⁴ National Science Foundation, «National Register of Scientific and Technical Personnel, 1964», NSF 66-29, Washington, 1966.
- ⁴⁵ «Perspectives d'emploi du personnel professionnel dans les domaines des sciences et de la technique, 1962-1964», Direction de l'économique et de la recherche, Rapport n° 13, ministère du Travail, Ottawa, décembre 1962 .
- ⁴⁶ «Perspectives d'emploi du personnel professionnel dans les domaines des sciences et de la technique, 1960-1962», Direction de l'économique et des recherches, Bulletin n° 8, ministère du Travail, Ottawa, décembre 1960.

Section 2

LE FACTEUR INFLATION-SOPHISTICATION EN R et D

Introduction

Le facteur inflation-sophistication en R et D se définit comme étant l'augmentation procentuelle moyenne, au cours d'une période particulière, des dépenses annuelles (en termes monétaires courants plutôt que constants) en recherche et développement par équivalent à plein temps (ÉPT)¹ de scientifique et ingénieur qualifié (SIQ) occupé à la R et D. Les dépenses en R et D en cause pourraient se référer aux dépenses brutes en R et D (D.B.R.D.) d'un pays, d'un secteur de l'économie ou d'un domaine de recherche (*e.g.*, espace ou défense). Dans le présent document, les dépenses en R et D signifient dans chaque cas les dépenses courantes et en capital (sauf indication contraire) et excluent les dépenses en recherches dans les sciences sociales.

L'expression «facteur inflation-sophistication» représente un facteur *majorateur* qui réunit un certain nombre d'influences qu'il est difficile sinon impossible d'isoler. On peut distinguer les éléments qualitatifs suivants:

- (1) *Renchérissement des biens et services utilisés dans le secteur R et D.* Il se rattache à la montée générale des indices de prix (inflation) dans l'économie, mais il diffère du rythme de l'indice, par exemple, des prix à la consommation puisque le secteur a son propre complexe de biens et services (complexe qui comprend le salaire des scientifiques, des ingénieurs et des techniciens ainsi que le prix du matériel incorporant beaucoup de R et D tel que les ordinateurs, etc.).
- (2) *La montée du coût de la recherche causée par la complexité grandissante des sciences.* On estime que «l'amateurisme est chose du passé». Il faut, pour réaliser des progrès d'une certaine «importance», une instrumentation de plus en plus perfectionnée et raffinée. Le terme «importance» varie grandement d'un domaine scientifique à l'autre et selon le rythme propre à des innovations ou des percées particulières. De plus, on ne saurait dire comment doit se déterminer l'équilibre entre l'intrant et l'extrant, c'est-à-dire qu'il serait théoriquement tout aussi facile à la société d'opter pour un taux constant d'intrant de dépenses et un extrant scientifique décroissant que d'opter pour un «extrant constant» et un

¹ Sauf indication contraire, l'augmentation des dépenses en R et D par SIQ est calculée sur la base de l'équivalent à plein temps dans la suite du document.

chiffre grandissant de dépenses. En outre, même la notion de base peut être contestée puisque certains genres d'expérimentation qui étaient auparavant difficiles et lents peuvent maintenant se pratiquer avec beaucoup de facilité. En d'autres termes, il y a lutte entre la complexité grandissante (difficulté) et la puissance expérimentale et théorique grandissante (productivité). Qui peut dire qui l'emporte?

- (3) *Variation du rapport capital/travail.* Comme le facteur ici en cause s'exprime en termes de dépenses *par scientifique ou ingénieur*, il reflète des tendances de choix qui se fondent sur la productivité relative du matériel par opposition à la main-d'œuvre tandis que les tendances dont il est question ci-dessus concernent le coût absolu ou total d'un progrès scientifique ou technologique donné. Eu égard au contexte dans lequel ces choix interviennent, qu'il s'agisse d'un appareil enregistreur (sur bande), d'un chromatographe automatique ou d'un ordinateur en ligne, les choix constituent d'ordinaire des décisions qui épargnent de l'argent, c'est-à-dire qui visent à assurer un extrant à moindres frais. Quoi qu'il en soit, les choix qui tendent à favoriser l'équipement ont pour effet d'accroître le facteur inflation-sophistication ici défini.

Du point de vue pratique, il n'est pas nécessaire d'évaluer à part les divers éléments du facteur pour ce qui est de nos fins dans le présent document, c'est-à-dire pour ce qui est de rattacher les tendances ou les plans projetés de main-d'œuvre ou de dotation en personnel aux projections des dépenses totales en R et D. Nous allons traiter les divers éléments comme un seul facteur, quoique sous un nom complexe, et nous allons chercher à établir une moyenne macroscopique générale (fondée sur l'expérience et les études existantes) qui servira de base raisonnable à des projections couvrant la prochaine décennie au Canada et aux États-Unis. Nous allons récapituler brièvement ci-dessous les résultats de diverses études et examiner certaines données additionnelles.

Données pertinentes

a) «*A Proposed Cost-of-Research Index*» [E. A. Johnson et H. S. Milton, Staff Paper ORD-SPP-142 (révisé), Operations Research Office, Université Johns Hopkins, septembre 1960]. Les auteurs ont étudié l'expérience de dix-sept organismes de recherche durant la période 1950-1959 et ont constaté que les dépenses annuelles² en R et D par SIQ ont augmenté au rythme de 6.9 p. 100 par année. Les auteurs signalent que l'indice des prix à la consommation a progressé au taux de 2.5 p. 100 par année au cours de la même période. Les dix-sept organismes appartenaient à l'industrie, aux universités, au gouvernement et au secteur privé sans but lucratif.

² Dans les deux documents a) et b), l'amortissement annuel répond indirectement pour les investissements.

b) *Cost-of-Research Index, 1920-1965* [H. S. Milton, AD-629-700, Research Analysis Corporation, McLean (Virginie), mars 1966]. Cette étude est essentiellement une version à jour de la publication susmentionnée. Les conclusions sont semblables: l'augmentation annuelle moyenne des dépenses en R et D² par SIQ a avoisiné 6 p. 100 (6.1 p. 100) entre 1950 et 1965. L'augmentation quinquennale moyenne revient à environ 6.8 p. 100 pour 1950-1955, 7.8 p. 100 pour 1955-1960 et 4.0 p. 100 pour 1960-1965. L'auteur a aussi constaté que l'augmentation annuelle moyenne des dépenses en années-hommes techniques des organismes de recherche orientée vers le développement et des organismes de recherches orientée vers la théorie n'a guère différé de 1950 à 1965 (6.4 p. 100 et 5.9 p. 100 par année respectivement).

c) «The Cost of Basic Research Effort: Air Force Experience, 1954-1964» [E. D. Brunner, RM-4250-PR, la société Rand, février 1965]. Cette étude a été réalisée pour le compte de l'*Office of Aerospace Research* de l'Aviation militaire américaine par la société Rand. L'étude visait à déterminer le coût des travaux de recherche pure financés par l'*Office of Scientific Research* de l'AFOAR au cours des années financières 1954-1964. L'étude a montré que les dépenses en R et D par mois-homme scientifique avaient augmenté de 6.5 p. 100 entre 1954 et 1964.

d) «The Cost of Basic Scientific Research in Europe: Department of Defence Experience, 1956-1966» [E. D. Brunner, RM-5275-PR, la société Rand, avril 1967]. La société Rand a effectué cette étude pour les organismes du ministère de la Défense qui parrainent l'exécution de recherches pures dans des pays d'Europe par tous genres d'accord de recherches (subventions, contrats, partage des frais et non-partage des frais). L'étude a porté sur plusieurs genres d'organismes européens de recherche: universités, établissements industriels, institutions sans but lucratif, organismes internationaux et particuliers (dont certains liés à des institutions et d'autres pas). Selon l'auteur, le coût total par mois-homme scientifique de tous les genres d'ententes de recherche conclues entre les organismes de la Défense et les organismes européens a augmenté de 6.1 p. 100 en moyenne entre 1957-1958 et 1965-1966.

e) «The Sophistication Factor in Science Expenditures» [A. V. Cohen et L. N. Ivins, Scientific Secretariat, Council for Scientific Policy, Science Policy Studies No. 1, Department of Education and Science, R.-U., 1967]. L'étude a cherché à déterminer le facteur sophistication, par opposition au facteur combiné inflation-sophistication, en ce qui concerne les travaux de R et D exécutés au cours d'une période de 8-11 années dans neuf stations du ministère de la Technologie (appartenant auparavant au ministère de la Recherche scientifique et industrielle), dans le *National Institute for Medical Research* de Mill Hill, dans la station expérimentale de Rothamsted, dans l'*Atomic Energy Research Establishment* d'Harwell, dans le Laboratoire central de médecine vétérinaire du ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'alimen-

tation à Weybridge, dans le département de chimie d'une université et dans les départements de géologie et de zoologie d'une autre université. Voici les conclusions des auteurs:

«Dans le cas d'une institution prise dans son ensemble, dotée d'un effectif constant de jeunes scientifiques, les taux de croissance pondérés typiques par scientifique pourraient bien être de 2 à 5 p. 100 en valeur constante par année, bien que des variations plus petites ou plus grandes puissent être possibles dans d'autres circonstances. Il y a peut-être une importante exception à cette généralisation. Le subventionnement de la recherche dans certains cas comporte l'achat d'une proportion beaucoup plus forte d'équipement permanent, et souvent dans un domaine en développement rapide. Le taux de sophistication, en pareil cas, pourrait bien alors dépasser sensiblement les taux ci-dessus, mais cela doit dépendre de la proportion relative de la subvention qui est affectée à l'équipement et, bien entendu, de la nature du travail de recherche qui est subventionné.»

Le tableau 1 montre les facteurs inflation-sophistication des divers organismes pour les périodes indiquées.

Tableau 1.—Le facteur inflation-sophistication dans certains organismes de recherche du R.-U.

Organismes de recherche	Période	Augmentation annuelle moyenne des dépenses en R et D par SIQ au cours d'une période donnée*
(1) Neuf stations de l'ex-ministère de la Recherche scientifique et industrielle.....	1954-1955 à 1964-1965	6.0 ± 0.5%
(2) Institut national de la Recherche médicale.....	1957-1958 à 1965-1966	8.6 ± 1.3%
(3) Station expérimentale de Rothamsted.....	1956-1957 à 1964-1965	9.6 ± 0.8%
(4) Atomic Energy Research Establishment, Harwell.....	1956-1957 à 1965-1966	4.3 ± 0.6%
(5) Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation, Laboratoire central de médecine vétérinaire, Weybridge.....	1958 à 1965	11.2 ± 4.7%

*L'augmentation annuelle moyenne est exprimée en dollars courants et représente donc des facteurs inflation-sophistication plutôt que des facteurs sophistication.

f) «The Increasing Cost of Research; A Preliminary Study» [L. R. Thiesmeyer, Institut de recherches sur les pâtes et papiers du Canada, juin 1964]. L'auteur a étudié l'augmentation annuelle des dépenses en R et D par scientifique et ingénieur professionnel dans 12 sociétés de pâte et papier du

Canada ainsi que dans 15 sociétés de diverses autres industries canadiennes. L'augmentation annuelle moyenne des dépenses en R et D par SIQ des sociétés de pâte et papier a été de 6.2 p. 100; elle a été de 6.6 p. 100 par année pour les 15 sociétés des autres industries. Les périodes observées par les 27 sociétés allaient de 2 à 17 ans, soit une moyenne d'un peu plus de six ans.

Les auteurs du document ont examiné les tendances passées des variations annuelles des dépenses totales en R et D par SIQ affecté à la R et D aux États-Unis entre 1954 et 1965. Les résultats de l'étude sont présentés dans la fig. 11 et au tableau 2; ils indiquent une augmentation générale moyenne de 5.9 p. 100 par année (soit le facteur inflation-sophistication de R et D).

Il est difficile d'évaluer l'expérience canadienne en ce qui concerne la montée des dépenses en R et D par SIQ affecté à la R et D, du fait des perturbations provoquées par la disparition du programme Arrow, par les divers nouveaux programmes de stimulation des travaux de R et D dans l'industrie et par le programme d'«austérité» des premières années 1960 ainsi que par le manque de données fiables sur les effectifs et les dépenses affectés à la recherche et au développement avant les dernières années 1950 ou les premières années 1960. Les données disponibles en ce qui concerne les travaux de R et D internes du gouvernement et (ou) les travaux de R et D industriels, qui appellent beaucoup de réserves pour les raisons susmentionnées, sont présentées à la fig. 12. En ce qui concerne le gouvernement, l'augmentation annuelle moyenne des dépenses en R et D par SIQ (non-É.P.T.) entre 1959 et 1965 a été de 5.0 p. 100. Durant la dernière partie de la période (1963 à 1965), cependant, les dépenses en R et D par SIQ (É.P.T.) ont augmenté de 11.3 p. 100 par année. Dans l'industrie, l'augmentation annuelle moyenne par SIQ entre 1957 et 1965 a été de 4.7 p. 100, mais de 13.6 p. 100 entre 1961 et 1965.

Il est difficile d'obtenir des données intérieurement cohérentes sur le coût des travaux de R et D exécutés dans les universités canadiennes et sur les effectifs affectés à ces travaux. La fig. 13 montre l'estimation la meilleure qui soit des dépenses en R et D (directes et indirectes) des universités canadiennes en 1957 et 1966 et une estimation raisonnable du SIQ s'occupant de R et D (chercheurs médicaux exclus) entre 1955 et 1966. Les deux séries de données ne sont pas entièrement comparables au sens absolu du terme, mais les taux d'augmentation relatifs entre 1957 et 1966 ont une certaine signification (24.8 et 19.1 p. 100 par année, respectivement). La différence entre les taux de croissance tient à un terme qui s'accroît de 4.8 p. 100 par année, terme qui peut se considérer comme une mesure grossière du facteur inflation-sophistication en R et D intervenant dans les universités canadiennes.

Figure 11.—Dépenses en R et D des États-Unis par scientifique et ingénieur qualifié s'étendant sur une période de douze ans

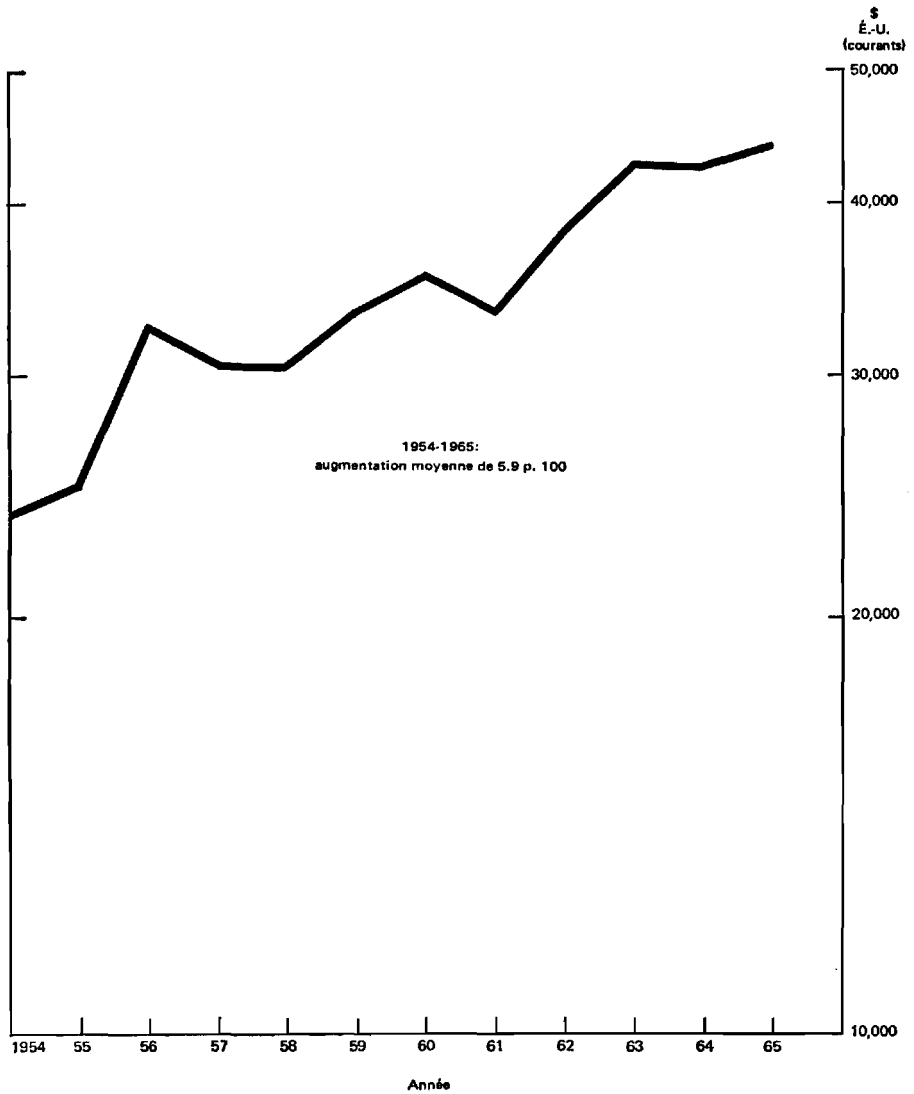


Figure 12.—Dépenses en R et D du Canada par SIQ

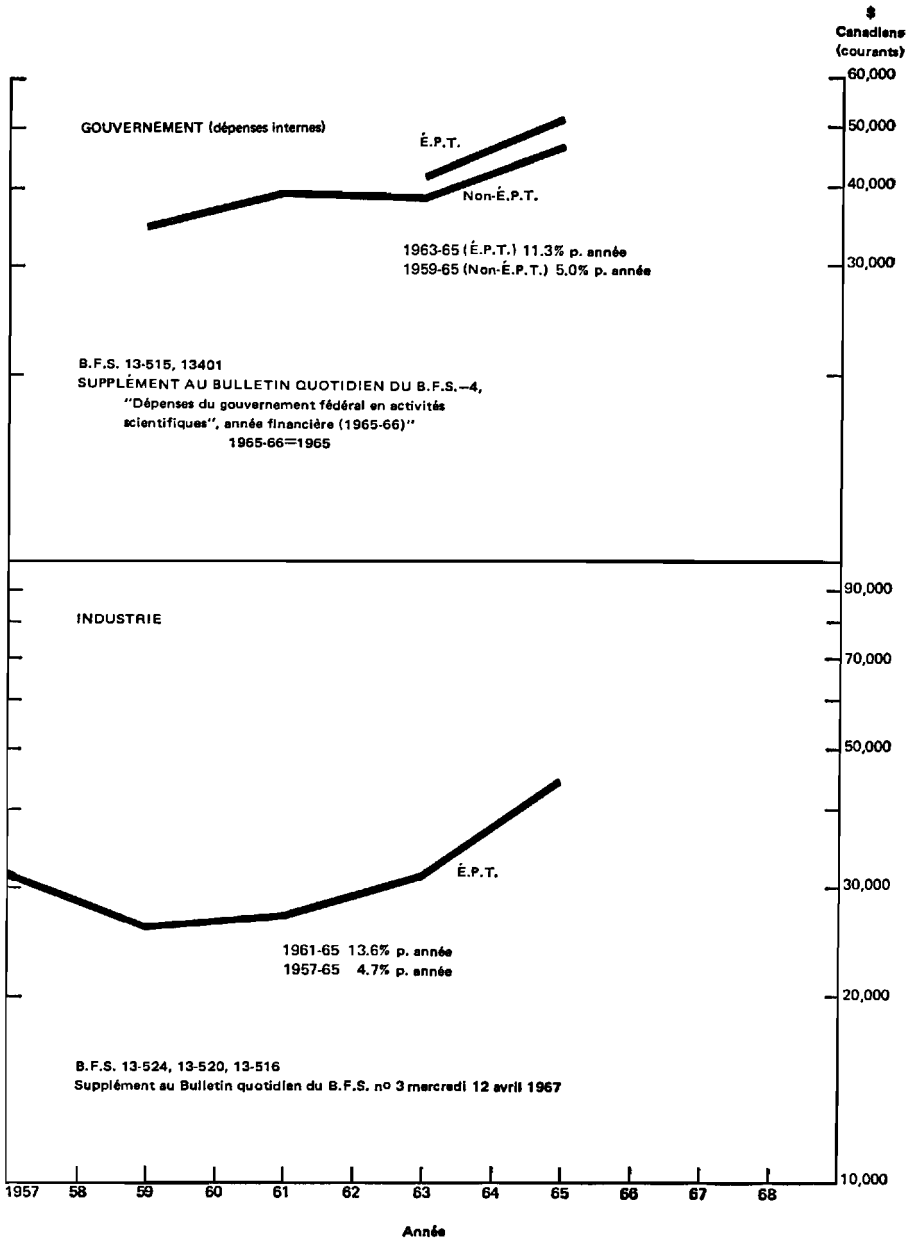


Tableau 2.—D.B. en R et D des États-Unis et nombre de scientifiques et d'ingénieurs qualifiés affecté à la R et D

Année	A) D.B. en R et D des États-Unis (millions de \$ courants américains)	B) Nombre de SIQ affecté à la R et D	A/B × 10 ⁶ (arrondi)
1954.....	5,660 ¹	237,000 ⁴	23,900
1955.....	6,200 ¹	248,000 ⁵	25,000
1956.....	8,370 ¹	256,000 ⁵	32,700
1957.....	9,810 ¹	321,000 ⁵	30,600
1958.....	10,810 ¹	356,000 ⁴	30,400
1959.....	12,430 ¹	372,640 ⁶	33,400
1960.....	13,620 ¹	384,000 ⁵	35,500
1961.....	14,380 ¹	429,600 ⁴	33,500
1962.....	16,650 ²	435,600 ⁷	38,200
1963.....	19,258 ²	450,000 ⁸	42,800
1964.....	21,075 ³	496,500 ³	42,400
1965.....	22,179 ²	503,600 ⁴	44,000

¹ National Science Foundation (NSF 65-11), *Revue de données sur les ressources scientifiques*, vol. I, n° 4, mai 1965.

² «U.S. R & D Expenditures in 1967», rapport de la section socio-économique, Laboratoires Columbus, *Battelle Memorial Institute*.

³ «The Overall Level and Structure of R & D Efforts in OECD Member Countries», Année statistique internationale de la recherche et du développement, OECD, Paris, 1967, États-Unis 1963-64 = 1964.

⁴ *National Science Foundation* (NSF 67-7), «National Patterns of R & D Resources 1953-1968» p. 9.

⁵ Estimation du Secrétariat des sciences.

⁶ «Resources of Scientific and Technical Personnel in the OECD Area», pp. 174-227.

⁷ «The R & D Effort in Western Europe, North America and the Soviet Union», C. Freeman et A. Young, OECD, 1965, p. 72 (sans le personnel médical).

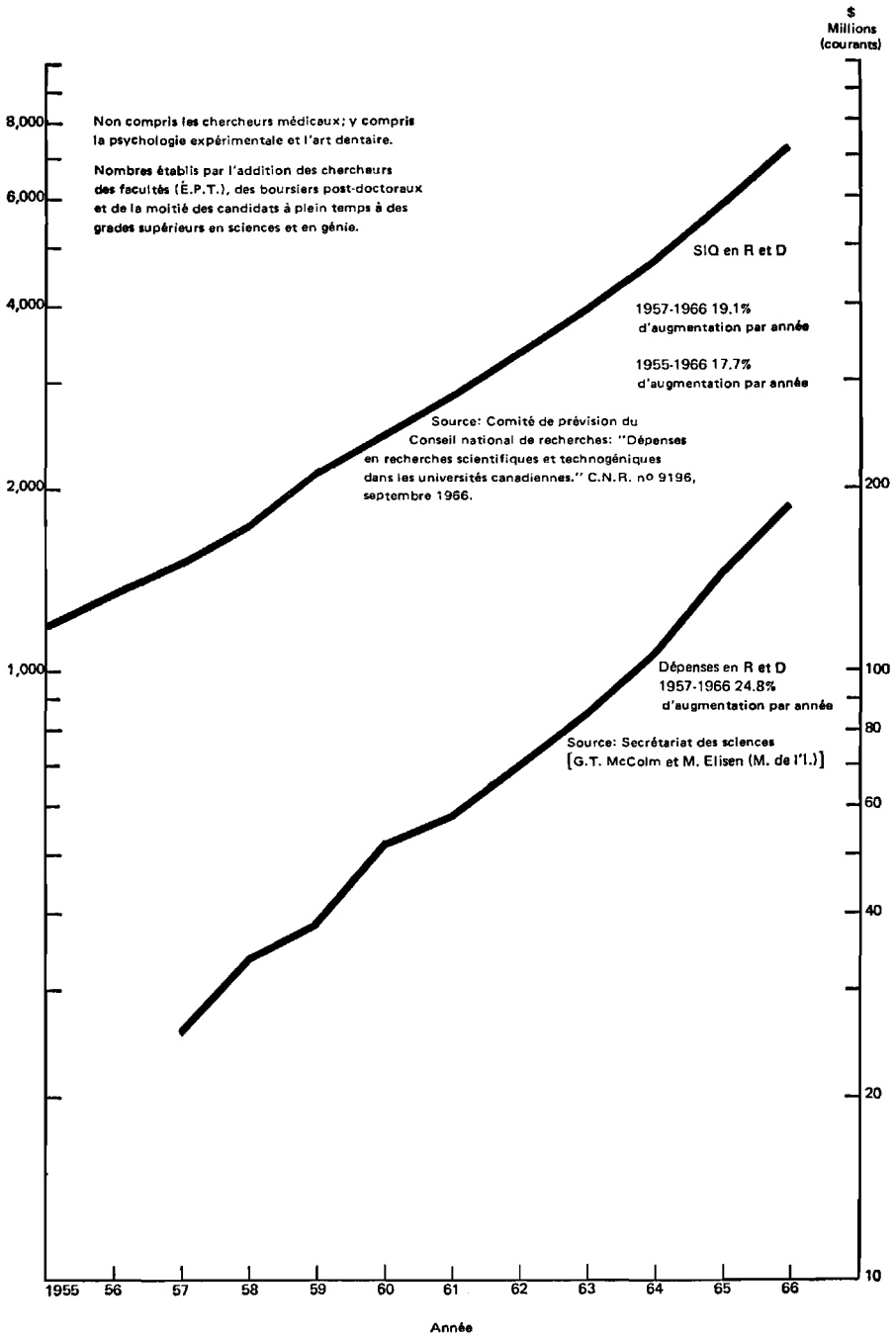
⁸ Estimation, fondée sur «Towards Better Utilization of Scientific and Engineering Talent», Rapport du Comité de l'utilisation des effectifs scientifiques et technologiques, p. 8, et sur «Scientific and Technical Manpower Resources», NSF 64-28, p. 14.

Intervalle de déviation

Même si les chiffres moyens du facteur inflation-sophistication sont remarquablement cohérents, on relève un intervalle de déviation considérable quand on examine les choses de plus près. L'étude du R.-U. le fait voir particulièrement bien.

Il n'est pas étonnant qu'il y ait de grandes variations si l'on songe que le domaine de la recherche et du développement ne cesse de s'accroître. Il y a forcément des poussées d'activité et d'investissement à mesure qu'un groupe quelconque se crée, trouve une nouvelle idée ou se met en frais de rattraper d'autres groupes; d'autre part, il y a des creux lorsqu'un domaine est en sommeil, s'efface ou disparaît. Ces différences se reflète dans le vaste éventail du coût absolu par professionnel dans différentes industries comme le mon-

Figure 13.—Dépenses en R et D et SIQ affectés à la R et D dans les universités et les collèges canadiens



trent certains chiffres établis par la *NASA*³. Le coût annuel moyen par SIQ affecté à la R et D du programme spatial (travaux internes et contrats) a été de 45 p. 100 supérieur à la moyenne nationale⁴ de 1960 à 1964. D'autre part, le coût de R et D moyen annuel par SIQ dans le sous-secteur industriel américain «produits métalliques fabriqués» a été de 48 p. 100 inférieur à la moyenne nationale au cours de la même période, et le coût dans le sous-secteur «instruments professionnels et scientifiques» a été de 25 p. 100 inférieur à la moyenne nationale⁵. Ces chiffres n'ont qu'une valeur indicative puisque certains chiffres du tableau de la *NASA* se sont manifestement ressentis d'une fausse interprétation des définitions (un chiffre du coût total revient à moins du salaire annuel raisonnable d'une personne).

Il existe aussi des différences prononcées entre les pays. Des efforts menés par des experts de l'OCDE afin de comparer le niveau de R et D dans divers pays⁶ a abouti au concept d'un «taux d'échange de recherches» différent du taux du change officiel. Les comparaisons des dépenses brutes en R et D par SIQ⁷ aux taux du change officiels ont montré une variation de 1:5 entre le plus bas (Japon) et le plus élevé (États-Unis).

D'après les chiffres ci-dessus sur le coût annuel moyen par professionnel affecté à la recherche, le champ des variations du taux d'augmentation des dépenses (facteur inflation-sophistication) est considérable. Les forces qui tendent à faire converger les niveaux des dépenses sont les suivantes: nature compétitive des travaux de R et D, internationalisme de la science, mobilité du personnel scientifique et diffusion des connaissances et des techniques d'une discipline à l'autre. Le taux ultime de l'augmentation des dépenses est en quelque sorte déterminé par les premiers du peloton. Ainsi entendu, le facteur inflation-sophistication est peut-être arbitraire ou soumis à des décisions, mais les autres concurrents, une fois que le meneur a fixé le taux, n'ont guère de choix.

Lorsque, en particulier, une frontière internationale est très perméable à l'immigration des personnes et des idées, comme la frontière canado-américaine, on doit forcément supposer que les différences que présente la physionomie des dépenses en R et D ne sauraient longtemps demeurer considérables. A l'heure actuelle, l'existence d'assez grandes différences dans les salaires des scientifiques et des ingénieurs entre le Canada et les États-Unis porte à croire que, si les conditions canadiennes en ce qui concerne les travaux

³ Chiffres établis par la *NASA* pour le Sous-comité de l'emploi et de la main-d'œuvre du Comité du travail et du bien-être public, Sénat des États-Unis, vol. 2 de «Selected Readings in Employment and Manpower», 88^e Congrès, 2^e Session, *Committee Print* 1964, Partie II, pp. 663, 668.

⁴ «The Budget in Brief, 1968», Bureau exécutif du Président, Bureau du Budget, 24 janvier 1967, p. 66.

⁵ *NSF* 66-28.

⁶ C. Freeman, A. Young, «The Research and Development Effort in Western Europe, North America, and the Soviet Union», O.C.D.E., Paris, 1965.

⁷ «The Overall Level and Structure of R & D Efforts in OECD Member Countries», O.C.D.E., Paris 1967.

de R et D se remettent des perturbations passagères des dix dernières années *, le facteur inflation-sophistication au Canada pourrait être bien supérieur à la normale durant quelques années encore jusqu'à ce que l'écart disparaisse.

Il y a deux autres points à considérer avant de proposer un chiffre pratique particulier au Canada. Y a-t-il des différences appréciables dans le coût par homme entre la recherche pure, la recherche appliquée et le développement? Y a-t-il de grandes différences entre les disciplines, mettons les sciences physiques, les sciences biologiques et les sciences sociales? En d'autres termes, dans quelle mesure les coûts projetés pourraient-ils se ressentir du glissement pouvant intervenir dans l'accent mis sur les divers ordres de recherche et les diverses disciplines?

Le tableau 3 compare, à l'échelon macroscopique, la division actuelle entre recherche pure, recherche appliquée et développement aux États-Unis et au Canada. L'accent beaucoup plus grand qui est mis sur le *développement* aux États-Unis se voit bien. Pourtant, en 1965, le coût total en R et D par SIQ a été de \$44,000 (dollars américains, tableau 2) aux États-Unis et de \$45,500 (dollars canadiens⁸) au Canada. Les chiffres relatifs aux laboratoires industriels du Canada, où l'accent porte sur la recherche appliquée et le développement, s'inscrivent le plus souvent à l'heure actuelle au-dessus du chiffre cité; d'autre part, cependant, les dépenses américaines consacrées aux grands travaux de R et D d'intérêt spatial et militaire tendent à dépasser

Tableau 3.—Répartition des dépenses en R et D selon leur orientation

	États-Unis ¹ (1964)	Canada ² (1965)
Recherche pure.....	12.4%	22.4%
Recherche appliquée.....	22.1	40.6
Développement.....	65.5	37.0
Total.....	100.0%	100.0%

¹«The Overall Level and Structure of R & D Efforts in OECD Member Countries», OECD, Paris, 1967.

²«Statistiques sur la recherche et le développement industriels au Canada», exposé du ministère de l'Industrie au Conseil des sciences du Canada, 17 mars 1967. La ventilation des dépenses canadiennes s'entend des dépenses de fonctionnement; celle des dépenses américaines s'entend des dépenses de fonctionnement et d'équipement. Il est posé en hypothèse que les dépenses d'équipement du Canada doivent se répartir à peu près comme les dépenses de fonctionnement. Cette hypothèse est raisonnable; cependant, même si toutes les dépenses d'équipement américaines se rattachaient au développement, l'effort américain serait quand même plus orienté vers le développement que l'effort canadien (65.5 p. 100 contre 52 p. 100).

* et à condition que le resserrement actuel des budgets de recherche aux États-Unis soit temporaire.

⁸ Estimation du Secrétariat des sciences dérivée d'estimations de la D.B. en R.D., par G. T. McColm (Secrétariat des sciences) et M. Eleison (ministère de l'Industrie), et *R & D Manpower (E.P.T.) estimates* du B.F.S. (voir D. W. Henderson, R. W. Jackson et B. W. K. Leung, *Dépenses brutes en R et D au Canada projetées à 1978*, Secrétariat des Sciences, tableau 1, à paraître).

la moyenne. Milton, dont l'étude est mentionnée plus haut, n'a relevé qu'une petite différence dans le facteur inflation-sophistication entre les organismes orientés vers le développement et les organismes orientés vers la théorie.

Ces chiffres, malheureusement, sont plutôt inconcluants, mais ils ne permettent pas de croire que des différences prononcées dans le facteur général inflation-sophistication devraient probablement résulter d'innovations apportées à la politique de R et D du Canada.

Les données sont rares en ce qui concerne la recherche intéressant les sciences sociales, mais les conclusions provisoires auxquelles on arrive sont semblables. Les organismes de conseil contractuel aux États-Unis qui exercent leur activité dans des domaines tels que le développement économique, les études urbaines, les études d'ordre stratégique de la défense, et le reste, exigent des prix comparables aux organismes qui effectuent des travaux de laboratoire dans les sciences physiques. Le tableau 4, qui donne la distribution des dépenses par SIQ au Royaume-Uni, en suggère une raison. On voit que le matériel et les magasins représentent une proportion passablement faible de l'ensemble des frais généraux. Les chercheurs sociaux ont besoin d'un semblable ensemble de bibliothèque, de services d'information, de bureaux, de personnel auxiliaire, de dactylos, etc. Leurs salaires deviennent comparables; ils en viennent à utiliser au moins tout autant l'ordinateur; et ils peuvent avoir des dépenses additionnelles spéciales en enquêtes, déplacements et entrevues. Ainsi, même si chaque domaine ou discipline doit présenter ses éléments spéciaux coûteux (accélérateurs en physique des hautes énergies, laboratoires de primates en biologie, expéditions antarctiques en météorologie ou géologie, recensement national en sciences sociales, etc.), on ne semble pas vraiment fondé à supposer que le coût de la recherche professionnelle dans les sciences sociales sera nécessairement plus faible ou augmentera à un rythme plus lent que celui de la recherche dans les sciences physiques ou biologiques. Les différences ne devraient pas, du moins, être assez grandes pour fausser gravement les projections à l'échelon brut ou macroscopique.

Choix d'un facteur inflation-sophistication provisoire pour le Canada

Au vu de ce qui précède, un facteur inflation-sophistication en R et D de 6.0 p. 100 par année pourrait raisonnablement se retenir, à notre avis, pour la projection du total des dépenses en R et D canadiennes en dollars courants sur les quelques années qui viennent, dans l'hypothèse d'une augmentation annuelle de 2 p. 100 de l'indice implicite des prix du PNB. Ce dernier, sans être une mesure exacte de l'indice des prix des travaux de R et D, devrait servir d'indicateur permettant de déterminer si les conditions générales d'inflation des prix dans l'économie sont semblables à celles de la période de base. L'indice implicite des prix a augmenté au taux moyen de 2.7 p. 100 par année au Canada et de 2.1 p. 100 aux États-Unis entre 1949 et 1965, et de 1.9 p. 100 au Canada et de 1.4 p. 100 aux États-Unis

au cours de la période plus récente de 1960 à 1965 ⁹. Étant donné le niveau relativement faible de l'activité de R et D au Canada à l'heure actuelle et l'attente généralement exprimée que le niveau en soit relevé, nous estimons que le facteur inflation-sophistication proposé ci-dessus se révélera probablement à tout le moins modéré.

Tableau 4.—Distribution des dépenses par chercheur professionnel dans certains laboratoires du Royaume-Uni¹

Laboratoires	Année	Distribution				Total
(1) Neuf stations de l'ex-ministère de la R. S. et I.	1964-1965	Salaires 53.7%	Logement et entretien 27.7%	Petit outillage et équipement 17.6%		100%
(2) Station expérimentale de Rothamsted	1964-1965	Salaires 70.7%	Logement, services et entretien 17.7%	Équipement 7.8%	Divers 2.8%	100%
(3) <i>Atomic Energy Research Establishment, Harwell</i>	1964-1965	Salaires 50.8%	Bâtiment et entretien 18.0%	Gros équipement 17.0%	Magasins, etc. 14.2%	100%
(4) Institut national de la recherche médicale	1964-1965	Salaires 75.0%	Logement et services 6.8%	Équipement 18.2%		100%

¹«The Sophistication Factor in Science Expenditure», A. V. Cohen et L. N. Ivins, Secrétariat scientifique, Conseil de la politique des sciences, ministère de l'Éducation et des Sciences, Politique des sciences.

⁹ Conseil économique du Canada, troisième exposé annuel, novembre 1966, p. 92.

Section 3

PROJECTIONS JUSQU'EN 1978 DES DÉPENSES BRUTES EN R et D AU CANADA

Sommaire

La présente section est un exercice de projection du montant total des dépenses du Canada en matière de recherche et de développement (R et D) au cours de la décennie se terminant en 1978. On y établit le rapport entre une série de courbes plausibles des dépenses nationales brutes et l'accroissement extrapolé de l'effectif des scientifiques et des ingénieurs expliqué dans une section antérieure. On y fait quelques suppositions raisonnables qui permettent d'établir un état détaillé et explicatif des dépenses classées selon les secteurs de travail et les sources de fonds. Le présent ouvrage ne prétend pas indiquer une ligne de conduite; il s'agit plutôt d'une première expérience préparant la voie vers une programmation à l'ordinateur qui pourra aider à établir clairement le rapport entre les décisions concernant la politique scientifique en matière de dépenses, de main-d'œuvre, d'éducation et d'emploi.

Introduction

On pourrait essayer de prévoir quelles seront les dépenses totales du Canada en matière de recherche et de développement au cours de la prochaine décennie par une simple extrapolation des tendances observées dans le passé; on pourrait encore le faire en essayant de prévoir quelle proportion du revenu national la société peut décider de consacrer à la réalisation des principaux objectifs qu'elle s'est fixée dans ces domaines. Ni l'une, ni l'autre de ces approches ne donnerait de résultats satisfaisants à l'époque où nous vivons, premièrement parce que les dépenses du Canada en matière de R et D au cours des 10 ou 20 dernières années ne reflètent aucune tendance régulière sur laquelle fonder les projections, et deuxièmement parce qu'on a encore jamais établi d'objectifs bien définis de politique nationale en matière de science et de technologie. Les objectifs du présent document sont de chercher les plausibilités et de réduire la variance des projections des dépenses en mettant en relief le rapport qui existe entre le montant des dépenses brutes et l'emploi que l'on fait des scientifiques et des ingénieurs disponibles sur le marché du travail. On peut adopter le point de vue que les scientifiques et les ingénieurs sont une ressource précieuse que l'on se doit d'exploiter et analyser les implications de la mise en service maximale de cette ressource. On peut encore partir du montant de dépenses que, compte tenu de la situation économique, on jugera admissible ou désirable, et explorer les implications en ce qui a trait à l'emploi futur de scientifiques

et d'ingénieurs au Canada. Le choix que l'on peut faire de ces deux façons d'aborder la question n'a aucune importance en ce qui concerne le présent document. Les deux premières sections de la présente étude ont établi des projections du nombre de scientifiques et d'ingénieurs dont nous disposerons et les tendances du coût des recherches et du développement par personne de profession libérale; c'est sur ces deux mémoires que se fondent les projections qui nous ont permis d'arriver à des conclusions concernant une ligne de conduite possible.

Méthodes

Pour plus de commodité, on a pris les projections relatives à l'effectif des scientifiques et des ingénieurs comme point de départ. Les chiffres de 1965 pour le Canada indiquent que les scientifiques et les ingénieurs employés en R et D comptaient pour environ 14 p. 100 de l'effectif total cette année-là. Si nous comparons ce pourcentage à celui d'autres pays, nous constatons qu'il existe une gamme complète de perspectives d'avenir raisonnables, c'est-à-dire une gamme de taux d'accroissement plausibles de l'effectif de R et D. En combinant ces projections à un facteur d'augmentation du coût des recherches, nous obtenons une gamme de projections de toutes les dépenses nationales en R et D. En y appliquant une projection du produit national brut (PNB) en 1978, nous pouvons présenter les résultats sous la forme familière de pourcentage du PNB consacré aux dépenses brutes en R et D. Il va sans dire que la méthode inverse aurait pu être tout aussi bien suivie, c'est-à-dire que l'on aurait pu fixer un certain pourcentage du PNB de 1978 comme objectif et en déduire les conséquences quant à l'effectif dont nous pouvons nous attendre à disposer à ce moment.

Si nous poussons plus loin notre étude pour y inclure les projections de la répartition des efforts et du financement entre les secteurs de l'économie, gouvernement, universités et industrie, il est nécessaire que nous posions quelques autres hypothèses. Les projections des inscriptions aux universités, par exemple, fournissent une base solide à partir de laquelle il est possible d'établir des extrapolations de l'accroissement des dépenses en R et D dans le secteur universitaire; cela limite considérablement la gamme des possibilités dans les deux autres secteurs si l'on ne dépasse pas le chiffre total projeté. Pas plus qu'auparavant, cette façon d'établir les projections n'impliquent pas qu'il faille que nous nous engageons à une ligne de conduite fondée sur cette hypothèse. Il eût été tout aussi valide de partir d'un certain taux d'accroissement des efforts en R et D dans l'industrie et d'examiner les implications quant à l'accroissement ou à la réduction du taux de rendement des universités, ou encore de partir du volume de recherches exécutées dans les laboratoires du gouvernement, et ainsi de suite. Nous avons constaté que cette méthode d'analyse de l'interaction des hypothèses posées pour les

divers secteurs s'est révélée des plus instructives et c'est cet aspect de l'étude que nous désirons mettre en relief plutôt que d'attacher une importance spéciale à quelque point de départ particulier.

Dépenses passées en R et D au Canada¹

La figure 14 donne la distribution des dépenses brutes en R et D (D.B.R.D.), au Canada, par secteur d'exécution pour la période 1957-1966 en dollars en cours. L'inflexion de la courbe de l'activité de l'industrie en R et D reflète tant les effets de l'abandon du programme Arrow que la récession économique des dernières années de la décennie de 1950. Le taux d'accroissement moyen global des D.B.R.D., au cours de cette période, fut de 11.0 p. 100 par an. La figure 15 représente la distribution par année des D.B.R.D., au Canada, selon les sources de fonds, de 1957 à 1966. En 1966, le gouvernement fédéral a fourni 51 p. 100 de tous les fonds consacrés au Canada à la recherche et au développement.

Les figures 16 et 17 donnent séparément les dépenses courantes et les dépenses en capital comprises dans le total des dépenses. Nous espérons que le lecteur ne se laissera pas confondre par l'emploi du mot «courant» dans deux expressions différentes: dans l'expression dépenses *courantes* par opposition à dépenses d'*investissements* et dans l'expression dollars *courants* par opposition à dollars *constants*. Il devrait être facile de saisir le sens que nous donnons au mot d'après le contexte.

Autres données de base

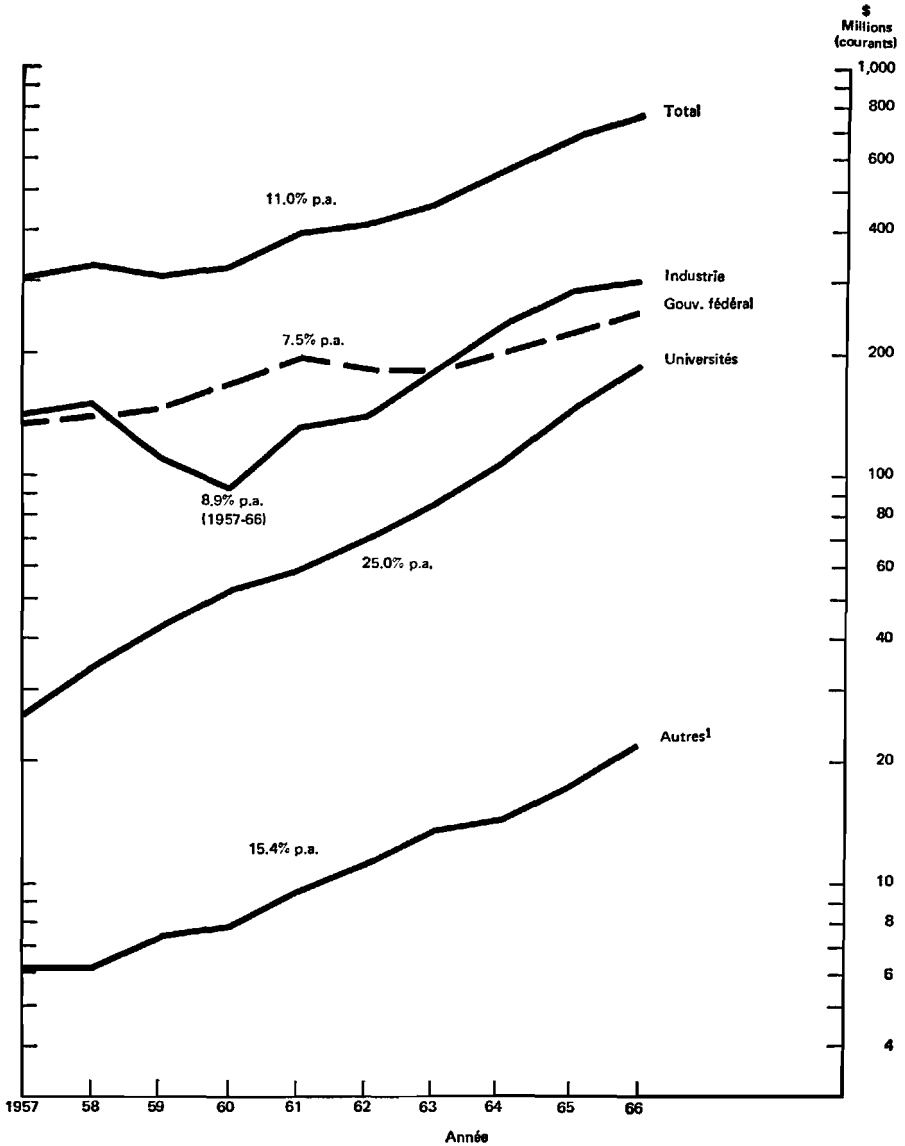
D'autres données de base sont essentielles au déroulement de la présente étude.

1. *La projection du PNB du Canada jusqu'en 1978*: Nous avons choisi de fonder notre étude sur les projections établies par le Conseil économique du Canada en ce qui a trait à l'accroissement du PNB, c'est-à-dire 5 p. 100 par an de 1966 à 1970 et de 4.75 p. 100 par an de 1970 à 1975. Nous supposons, aux fins de la présente étude, que ce taux d'accroissement de 4.75 p. 100 s'appliquera également à la période 1975-1978. Nous supposons que l'augmentation moyenne implicite des prix (facteur d'inflation générale) sera de 2 p. 100 par année, entre 1966 et 1978, selon l'objectif recommandé par le Conseil économique. (page 9)

¹ Les chiffres cités dans la présente Section concernant les dépenses annuelles des années passées en R et D (courantes et d'investissements), au Canada, ont été empruntés au Bureau fédéral de la statistique, au Ministère de l'Industrie, au Conseil national de recherches et à d'autres sources, lors d'une étude effectuée par M. Eliesen, du ministère du Travail, et G. T. McColm du Secrétariat des sciences. Les chiffres relatifs aux dépenses en R et D dans les universités découlent d'estimations fondées sur la publication n° 9196 du C.N.R. et sur d'autres documents.

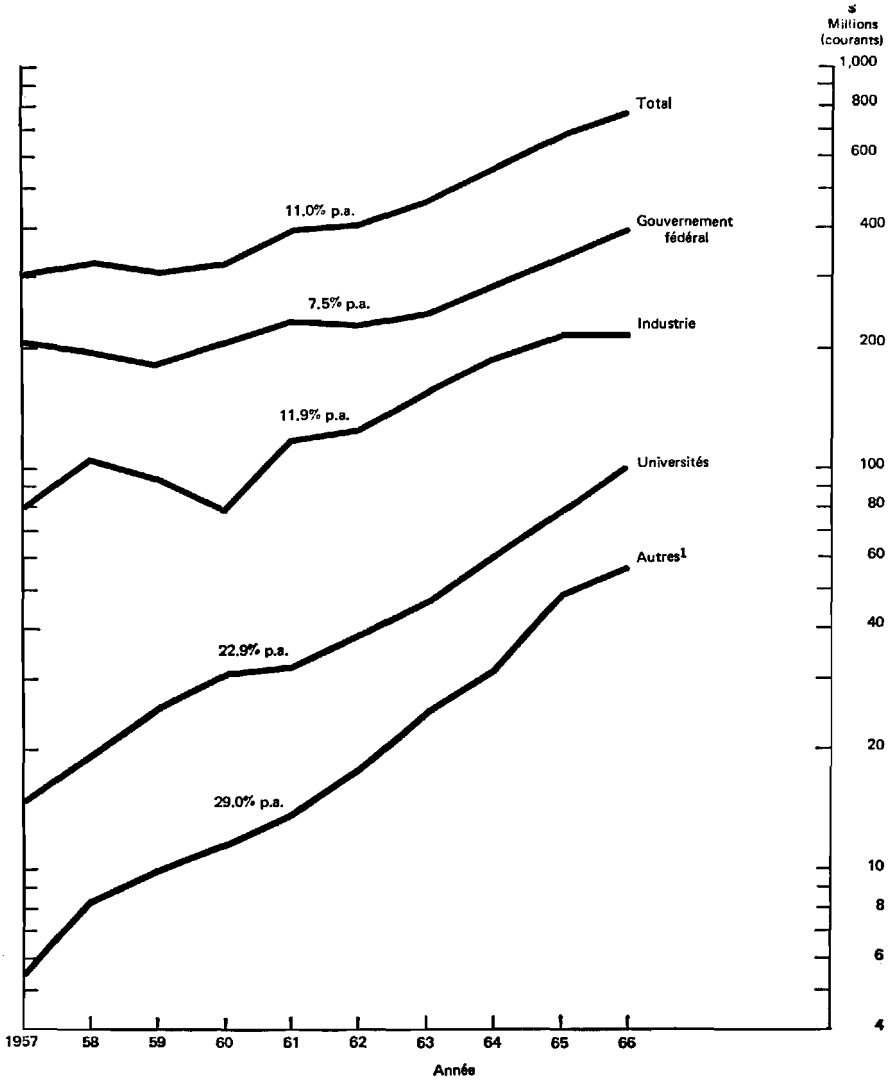
² Conseil économique du Canada, Quatrième exposé annuel.

Figure 14.—Dépenses brutes du Canada en R et D (dépenses courantes et en capital) de 1957 à 1966—par secteurs d'exécution



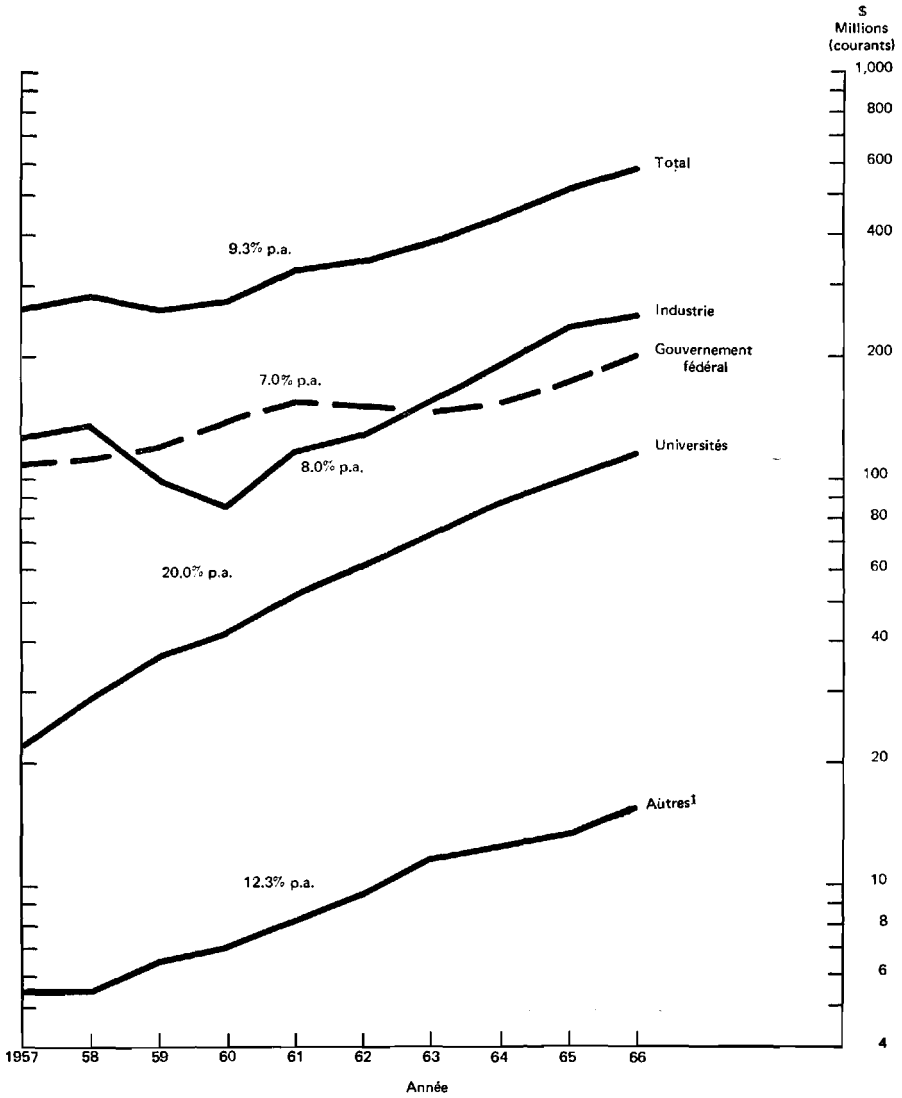
¹ Associations sans but lucratif et gouvernements provinciaux

Figure 15.—Dépenses brutes du Canada en R et D (dépenses courantes et en capital) de 1957 à 1966—selon les sources de fonds



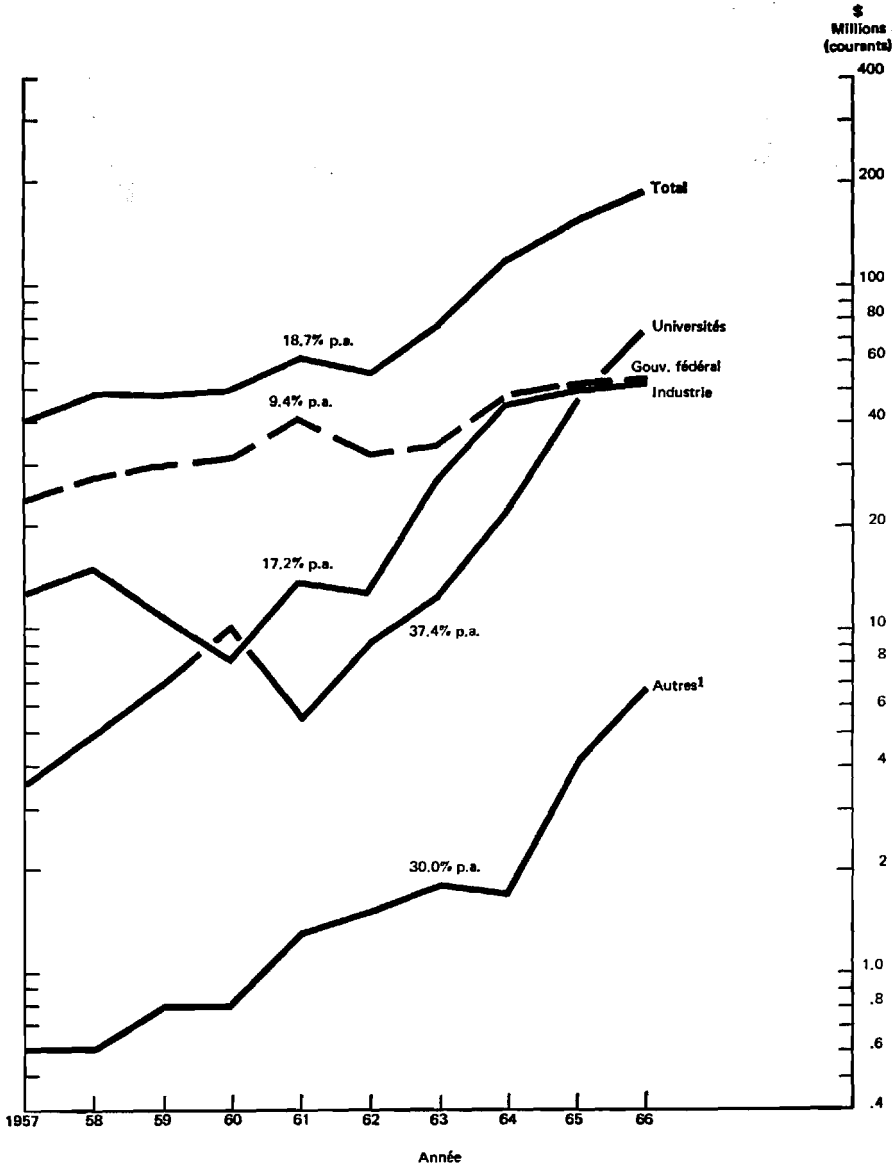
¹ Associations sans but lucratif, gov. provinciaux et sources étrangères

Figure 16.—Dépenses courantes du Canada en R et D de 1957 à 1966—par secteurs d'exécution



¹ Associations sans but lucratif et gouvernements provinciaux

Figure 17.—Dépenses en capital du Canada en R et D de 1957 à 1966—par secteurs d'exécution



¹ Associations sans but lucratif et gouvernements provinciaux

La projection du PNB en 1978, fondée sur ces hypothèses, est de 127.7 milliards, comme l'indique la figure 18.

2) *L'effectif des scientifiques et des ingénieurs en 1966 et son nombre extrapolé pour 1978*: Ces chiffres sont extraits du document dont nous avons parlé plus tôt¹ (113,000 pour 1966 et 304,000 pour 1978). Aux fins de la présente étude, nous pouvons supposer que le taux annuel d'accroissement au cours de la décennie sera constant et en arriver à des résultats suffisamment précis.

3) *Le facteur inflation-sophistication en matière de dépenses en R et D*: Lors d'une étude précédente, nous avons conclu que le chiffre qui représente de plus près le facteur accroissement annuel des frais, relativement au nombre de scientifiques et d'ingénieurs à plein temps, serait, au Canada, de 6 p. 100 par an durant la prochaine décennie dans les conditions générales d'inflation posées en hypothèses en vue d'établir la projection du PNB. Pour établir ce chiffre, nous nous sommes fondés sur les expériences connues dans le passé aux États-Unis, en Europe et au Canada.

4) *La proportion des scientifiques et des ingénieurs se spécialisant en R et D*: Comme l'indique le tableau 1, le nombre des scientifiques et des ingénieurs (équivalent à plein temps) dont le travail est consacré à la R et D au Canada, en 1965, s'élevait à 14,910. Ce chiffre représente 14.3 p. 100 de l'effectif total des scientifiques et des ingénieurs à cette époque. Le tableau 2 donne les chiffres applicables à d'autres pays où environ 20 p. 100 de l'effectif des scientifiques et des ingénieurs s'occupent de R et D, à l'exception des États-Unis où ce chiffre est de 33 p. 100. Nous avons supposé que cette proportion n'a pas changé de 1965 à 1966. Le montant des dépenses totales semble corroborer cette hypothèse.

Projection du montant total des dépenses brutes

A titre d'information, les possibilités offertes par une projection unique des tendances sont illustrées à la figure 6. Le chiffre des dépenses brutes extrapolé pour 1978 représente un pourcentage du PNB projeté pour la même année; il est relié par une ligne de taux d'accroissement constant (une ligne droite sur le papier à diagramme logarithmique dont on s'est servi) à la courbe historique, les dernières données connues étant celles de 1966. Le lecteur peut faire appel à son propre jugement pour décider quelle ligne représente l'extrapolation la plus vraisemblable, en se fondant sur les tendances historiques, et laquelle représente un changement subit des tendances.

Tableau 1.—Scientifiques et ingénieurs affectés à la R et D au Canada en 1965¹

Secteurs	Scientifiques et ingénieurs affectés à la R et D (É.P.T.)
1. Gouvernement fédéral.....	4,277 ²
2. Conseils de recherches et fondations provinciaux.....	270 ³
3. Gouvernements provinciaux.....	352 ⁴
4. Industrie.....	6,367 ³
5. Universités et collèges—	
Corps enseignant.....	1,400 ⁵
Boursiers détenteurs d'un doctorat.....	320 ⁵
Étudiants inscrits à un cours supérieur.....	1,680 ⁶
6. Associations sans but lucratif.....	364 ⁷
Total.....	14,910

¹Ces chiffres ont été recueillis pour le Secrétariat des sciences par H. Stead, du B.F.S. M. Stead a utilisé les méthodes employées lors de la compilation des chiffres relatifs au même domaine pour 1963, pour le rapport de l'Année statistique internationale de l'OCDE en R et D. («Niveau général et structure des efforts en R et D dans les pays membres de l'OCDE», OCDE, Paris, 1967.)

²B.F.S. 13-401; comprenant les chiffres du B.F.S. relatifs à l'Institut de médecine aéronautique. Science médicale incluse.

³B.F.S. 13-527; scientifiques médicaux inclus, dans le cas de l'industrie, exclus dans le cas des conseils et des bourses de recherches provinciaux.

⁴Estimations du B.F.S. fondées sur les chiffres de 1963.

⁵«Le Comité des prévisions du C.N.R.: Sommes consacrées à la recherche, en science et en ingénierie dans les universités canadiennes»; Études économiques, E.E. 1, C.N.R. n° 9196, septembre 1966. Science médicale exclue.

⁶Extraits par le B.F.S. de la publication 5 selon les techniques utilisées par le B.F.S. lors de la compilation des chiffres de 1963 pour l'OCDE.

⁷B.F.S. 13-526—«*Expenditures on Scientific Activities by non-profit organizations*», 1965.

Tableau 2.—Pourcentage des scientifiques et des ingénieurs affectés actuellement à la R et D (Équivalent à plein temps)

Pays	Pourcentage
Canada (1965).....	14.3 p. 100 ¹
États-Unis (1965).....	33.0 p. 100 ¹
Royaume-Uni (1965).....	19.2 p. 100 ^{2,3}
France (1963).....	19.1 p. 100 ^{2,4}
R.F. d'Allemagne (1961).....	23.4 p. 100 ⁵
Japon (1963).....	16.6 p. 100 ^{2,6}
Suède (1964).....	21.6 p. 100 ^{7,2}

¹Chiffres du Secrétariat et du B.F.S.

²«Niveau général et structure des efforts en R et D dans les pays membres de l'OCDE», OCDE, Paris, 1967.

³«*Statistics of Science and Technology*», HMSO, Serv. de l'éducation et des sciences, ministère de la Technologie, Londres, 1967; 39 pages.

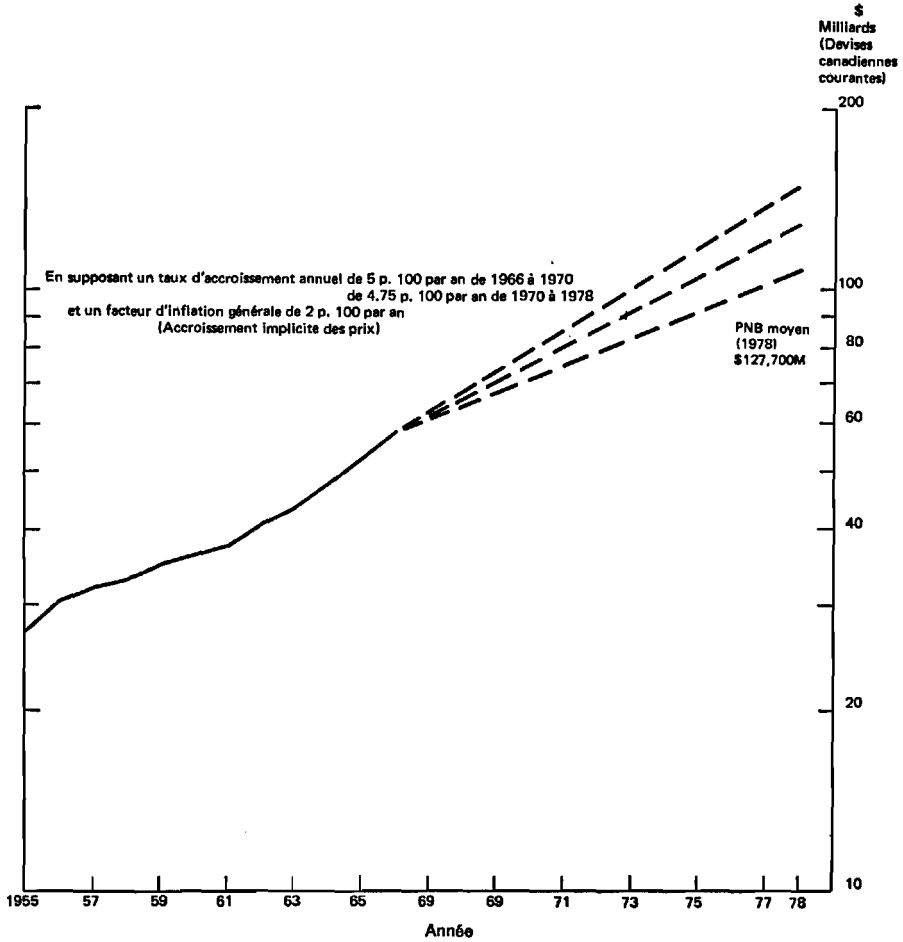
⁴«Ressources en personnel scientifique et technique dans le territoire de l'OCDE» OCDE, 1963.

⁵«Politiques nationales de la Science—R.-U. et Allemagne», OCDE, 1967, 249 pages.

⁶«Politiques nationales de la Science—Japon», OCDE, 1966, 287 pages.

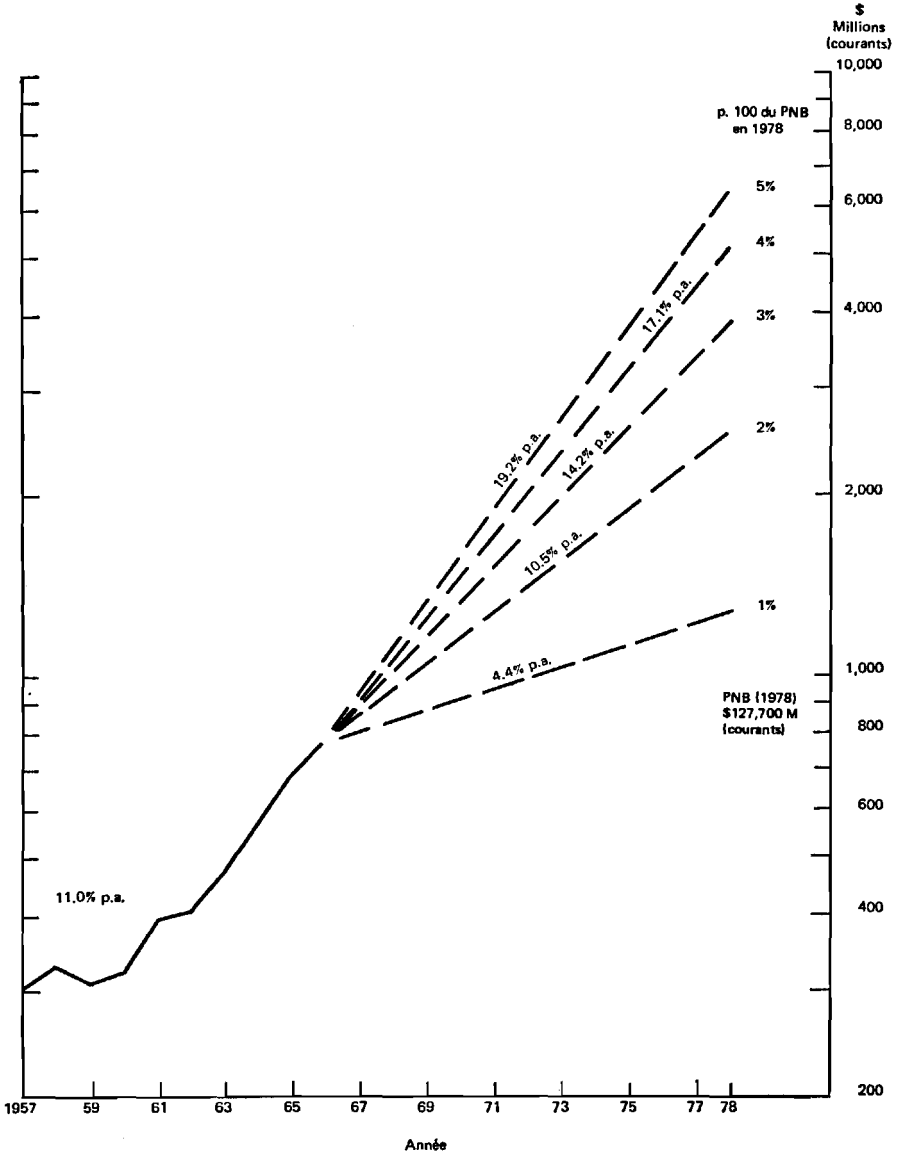
⁷Estimations extraites de la publication 4.

Figure 18.—PNB du Canada en devises nationales



Sources: Conseil économique du Canada, Quatrième exposé annuel
Annuaire des statistiques des comptes nationaux (N.U.)
Bulletin mensuel de statistiques (N.U.)

Figure 19.—Projection, jusqu'en 1978, des dépenses brutes du Canada en R et D



Pour établir les projections des dépenses à partir du chiffre de l'effectif ouvrier, nous avons posé en hypothèse (renvoi 1) les ressources projetées en scientifiques et en ingénieurs, ainsi que quatre niveaux différents de travail pour cet effectif dans le domaine de la R et D, en 1978—10 p. 100, 14.3 p. 100, 17 p. 100 et 30 p. 100—ces niveaux sont conformes à la situation actuelle dans d'autres pays, comme le démontre le tableau 2. Le premier niveau est inférieur au niveau canadien actuel (1965), le deuxième suppose une continuation de la tendance actuelle, le troisième représente un léger accroissement et le quatrième représente un accroissement du travail en R et D des scientifiques et des ingénieurs canadiens vers le niveau actuel des États-Unis. Si nous tenons compte de la tendance actuelle vers des niveaux d'éducation plus élevés, de l'accroissement du nombre d'inscriptions aux cours supérieurs (où on donne une grande importance à la formation à la recherche) et de la tendance croissante aux changements techniques dans notre société, ainsi que de l'importance que l'on attache à ces changements, il semble peu probable que le complément en personnel de R et D de l'effectif des scientifiques et des ingénieurs, au Canada, soit moindre dans 10 ans qu'il n'est aujourd'hui.

Mais, peut-être, si l'on tient compte des implications financières, le changement de tendance vers le chiffre le plus élevé de 30 p. 100 pourra-t-il sembler tout aussi peu vraisemblable. De toute façon, les chiffres les plus bas et les plus élevés ne font qu'indiquer les limites raisonnables des possibilités extrêmes, telles qu'elles nous apparaissent actuellement.

La figure 20 illustre l'accroissement de l'effectif des scientifiques et des ingénieurs découlant des quatre hypothèses. Si nous supposons un facteur moyen d'inflation-sophistication des frais* de 6 p. 100 par année par scientifique ou ingénieur diplômé, selon l'étude citée au renvoi 2, nous en arrivons aux montants de dépenses brutes en R et D illustrés à la figure 21 (D.B.R.D.) pour chacun des quatre niveaux projetés correspondants. Les implications pour 1978 sont résumées au tableau 3. Les dépenses brutes projetées représentent de 2.2 à 6.2 p. 100 du PNB. À des fins de comparaison, nous avons exécuté le même exercice pour les États-Unis; les résultats en sont donnés à l'appendice et résumés, au tableau 4. Si nous nous fondons sur un accroissement projeté ininterrompu de l'effectif total des États-Unis en scientifiques et en ingénieurs de 5.9 p. 100 par an, et si nous posons en hypothèse que la proportion de cet effectif versée à la R et D (33 p. 100) restera la même, les dépenses brutes des États-Unis en R et D se placeraient entre 5.4 et 6.1 de leur PNB. Pour les personnes qui, à l'heure actuelle, pour une raison ou pour une autre, semblent considérer une proportion de

Note: Il faut user de jugement dans l'interprétation du mot «frais». Les frais relatifs aux découvertes scientifiques ne sont pas nécessairement en hausse, puisque l'augmentation peut tout aussi bien découler de facteurs d'augmentation de la productivité par travailleur, en matière de R et D, et de l'augmentation de la productivité des investissements fonciers par rapport aux investissements dans la main-d'œuvre. Il n'est pas encore possible de régler ce détail par analyse.

Figure 20.—Projections du nombre de scientifiques et d'ingénieurs (É.T.P.) affectés à la R et D, au Canada

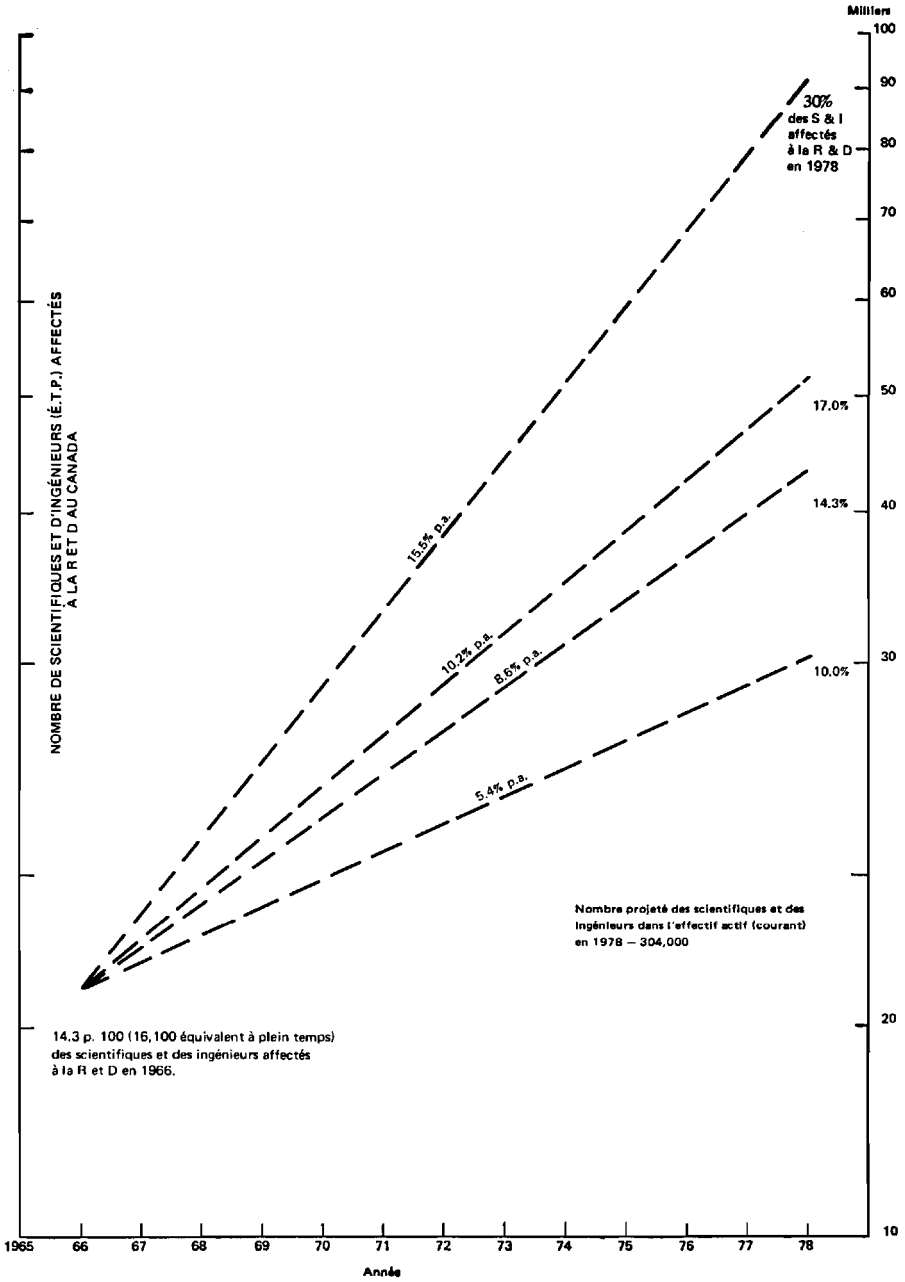


Figure 21.—Projections des D.B.R.D. jusqu'en 1978

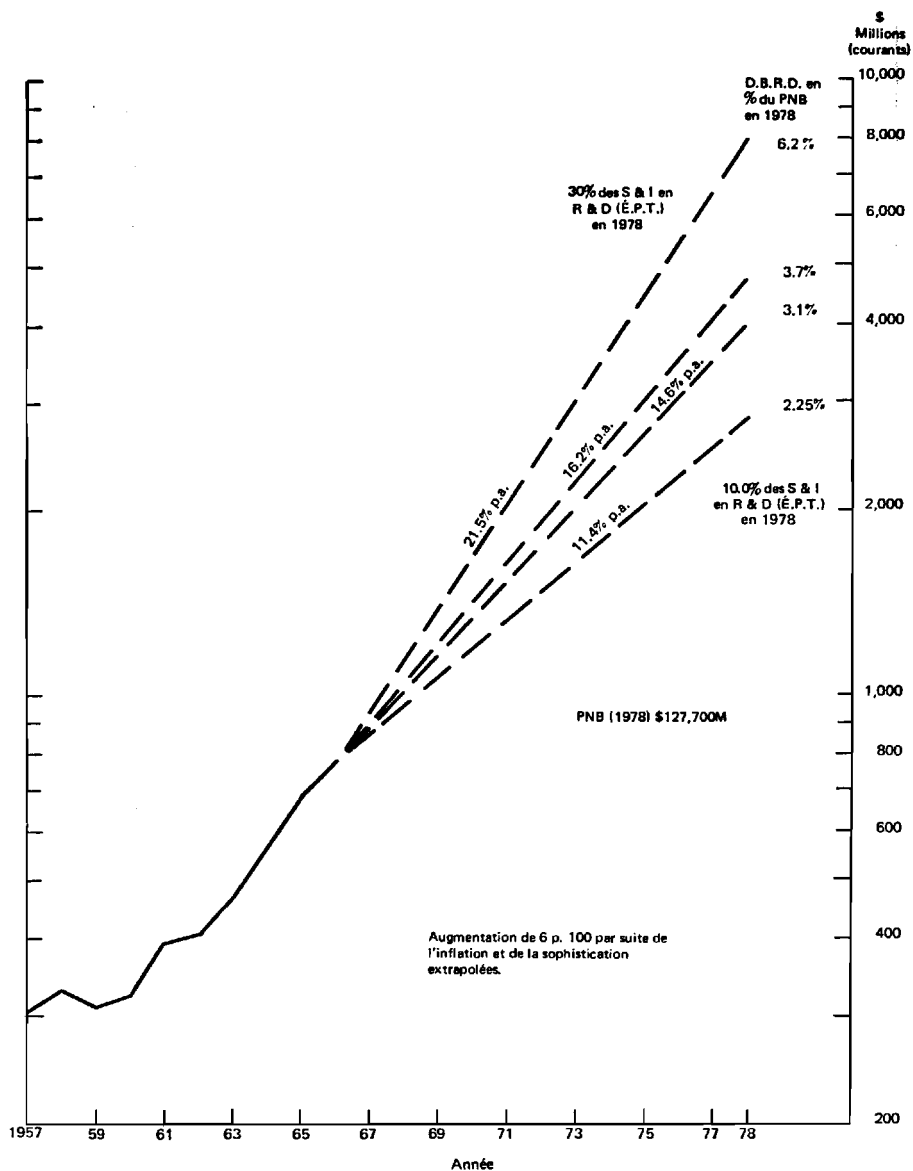


Tableau 3.—Influence du pourcentage de l'effectif disponible affecté à la R et D sur le niveau des dépenses brutes en R et D, en 1978

CANADA

	Pourcentage			
Pourcentage des scientifiques et des ingénieurs affectés à la R et D en 1978.....	10	14.3*	17	30
Accroissement annuel des effectifs actifs en R et D au cours de la période 1966-1978 (pourcentage par an)....	5.4	8.6	10.2	15.5
Facteur combiné sophistication-inflation (pourcentage par an).....	6	6	6	6
Taux d'accroissement annuel du montant des dépenses en R et D (pourcentage par an).....	11.4	14.6	16.2	21.5
D.B.R.D. en 1978 (en milliards).....	2.8	4.0	4.7	8
Projection du pourcentage du PNB consacré à la R et D, en 1978.....	2.2	3.1	3.7	6.2

*Niveau actuel (1965).

3 p. 100 du PNB. comme une limite extrême, ces conclusions pourront sembler absurdes. D'autre part, si on se représente les États-Unis comme une nation en voie de se transformer en une société technologique, super-industrielle et intellectuelle, on peut admettre que la R et D y répondront de plus en plus à la description suivante: *ce que fait le scientifique ou l'ingénieur*. (page 19)

Il n'y aurait alors aucune raison de s'alarmer de ce qu'une partie considérable de la population soit formée (ou employée) dans les sciences et la technique, on pourrait aussi penser que de considérer les dépenses brutes en R et D comme une affectation de ressources nationales à quelque chose de séparable et distinct des moyens choisis par la société pour atteindre ses objectifs, serait mésinterpréter son importance en tant qu'indice social et économique. Nous proposons qu'une interprétation exacte du pourcentage du PNB affecté aux dépenses en recherche et développement serait que ce pourcentage est tout simplement un indice de la façon dont la nation utilise ses ressources scientifiques et techniques (dont l'orientation peut être plus ou moins heureuse) pour résoudre ses problèmes ou satisfaire à ses besoins. Nous

Tableau 4.—Influence du pourcentage de l'effectif disponible affecté à la R et D, sur le niveau des dépenses brutes en R et D en 1978

ÉTATS-UNIS

	Pourcentage		
Pourcentage de scientifiques et ingénieurs affectés à la R et D, en 1978.....	20	33*	50
Projection du pourcentage du PNB consacré à la R et D, en 1978.....	3.3-3.7	5.4-6.1	8.1-9.1

*Niveau actuel (1965).

ajoutons ces commentaires, non pas pour essayer d'influencer le lecteur en faveur d'une série de courbes plutôt qu'une autre, mais pour le mettre en garde contre la tentation de rejeter une série de courbes comme impossible, sans avoir au préalable soigneusement analysé ses préconceptions.

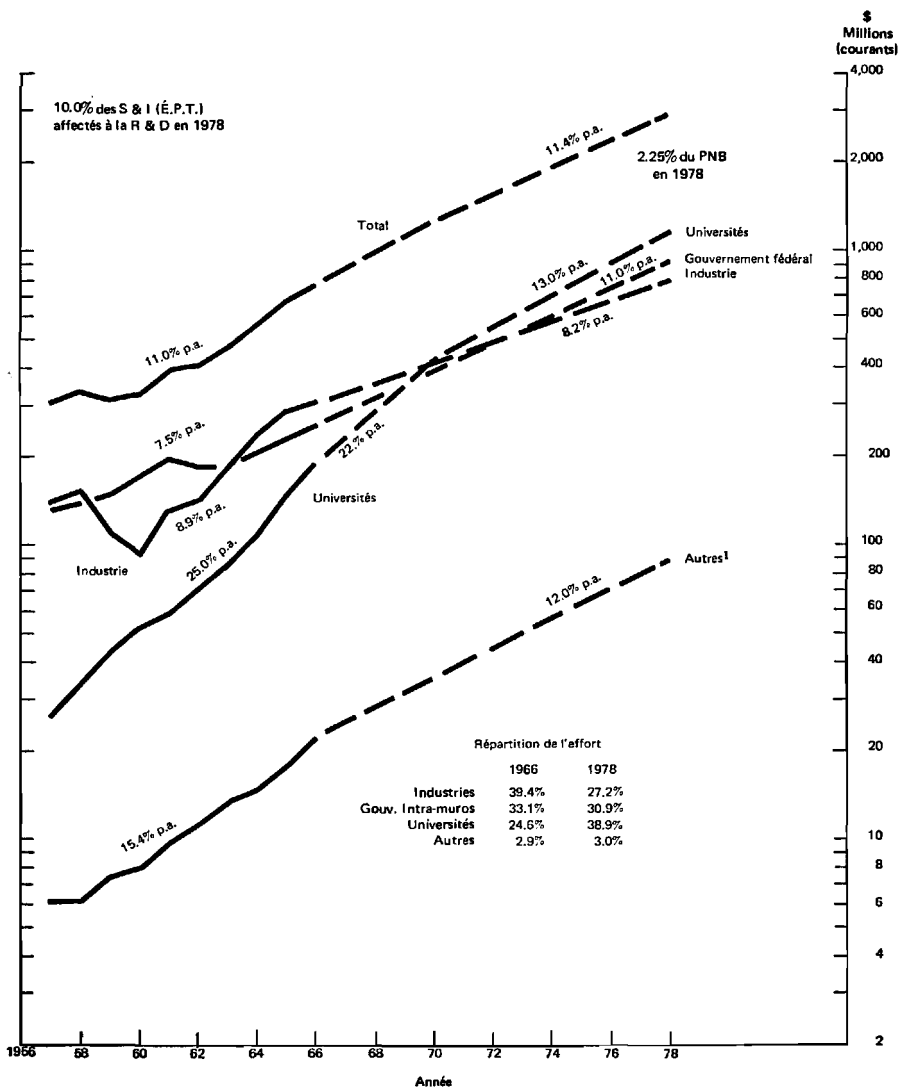
Projections par secteurs: Exécution

Nous avons classé la R et D en quatre secteurs d'exécution correspondant à quatre secteurs économiques: le gouvernement, l'industrie, les universités et les «autres»; ces derniers comprennent les organismes de recherches des gouvernements provinciaux et des associations à but non lucratif. Dans chacune de ces quatre grandes catégories, il existe bien sûr un très grand nombre de possibilités. Nous nous contenterons ici de n'en citer que quelques-unes, choisies parmi les plus plausibles, afin d'illustrer certaines des implications influençant le choix d'une politique.

Il ne semble pas qu'il y ait de fondement sûr pour les extrapolations de l'accroissement de la R et D dans l'industrie, aussi avons-nous choisi de poser des hypothèses qui nous ont semblé raisonnables quant à la R et au D dans les trois autres secteurs, et de considérer l'industrie comme la variable dépendante. Comme nous l'avons souligné plus tôt, il eût été tout aussi juste d'aborder le problème dans un ordre différent; il serait encore possible d'enregistrer toutes les conditions dans un ordinateur et d'éprouver les diverses hypothèses dans l'ordre désiré. Voici le raisonnement sur lequel se fondent les hypothèses concernant les dépenses en R et D par le gouvernement fédéral (intra-muros), les universités et les autres secteurs:

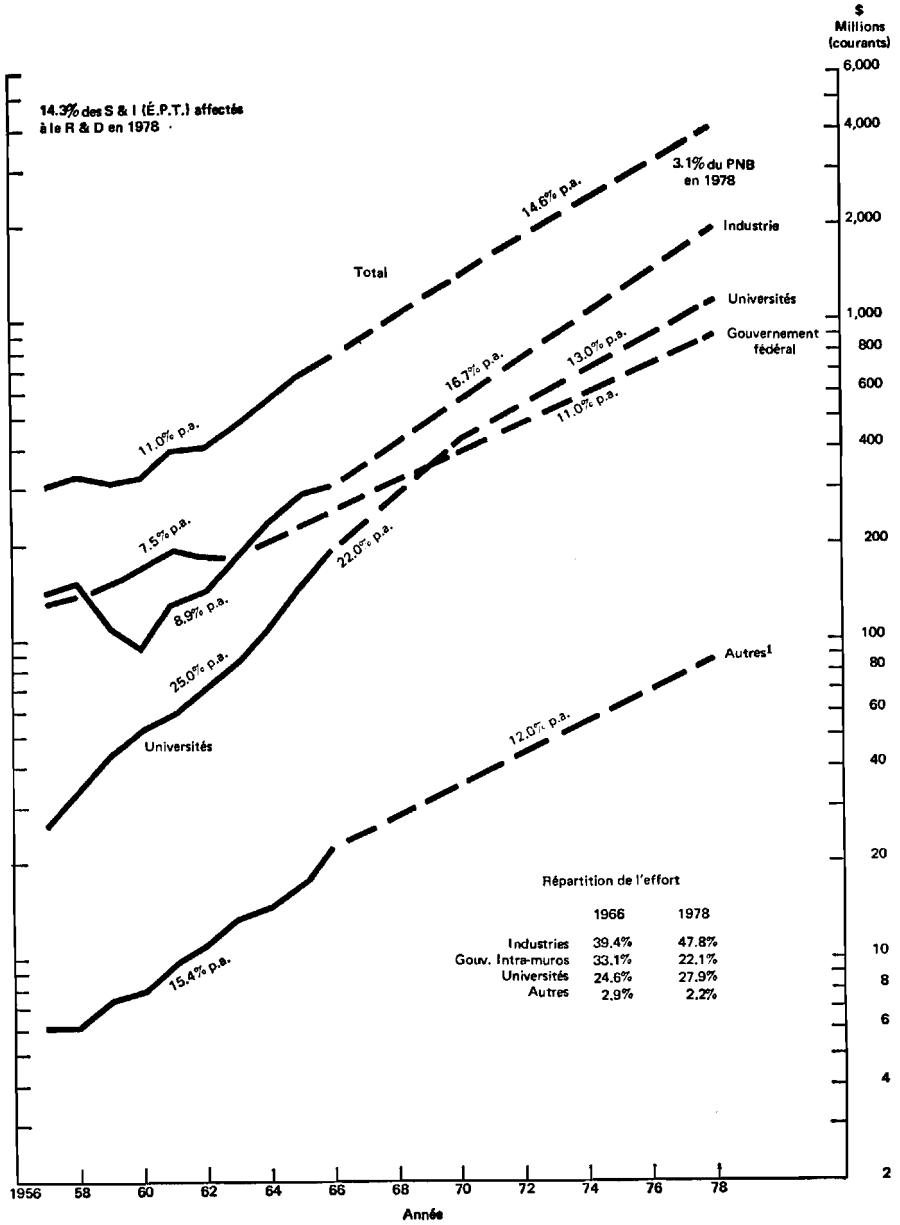
- 1) *Les «autres» secteurs:* Les dépenses en R et D dans ces secteurs se sont accrues de 15.4 p. 100 par an, de 1957 à 1966. Cet accroissement assez rapide est dû en partie à l'agrandissement des établissements de recherche existants des gouvernements provinciaux et à la création de nouveaux établissements (comme certains conseils de recherches provinciaux), au cours de cette période. Nous avons supposé que l'accroissement moyen à venir serait de 12 p. 100 par année (avec un accroissement moyen du chiffre du personnel de 6 p. 100 par an), en nous fondant sur le fait que, au cours des quelques dernières années, les frais élevés de fondation et d'expansion d'établissements de recherches ont été couverts en grande partie. Cependant, même une erreur grossière quant au taux d'accroissement dans ce secteur n'aurait que très peu d'influence sur la répartition de l'effort de R et D entre les autres secteurs, puisque les dépenses assumées dans le secteur «autres» sont relativement beaucoup moins élevées que dans les trois secteurs principaux. Dans les quatre hypothèses illustrées aux figures 22, 23, 24 et 25, nous avons supposé un taux d'accroissement annuel de 12 p. 100 dans le secteur «autres».

**Figure 22.—Projection, jusqu'en 1978, des dépenses brutes du Canada en R et D—
par secteurs d'exécution**



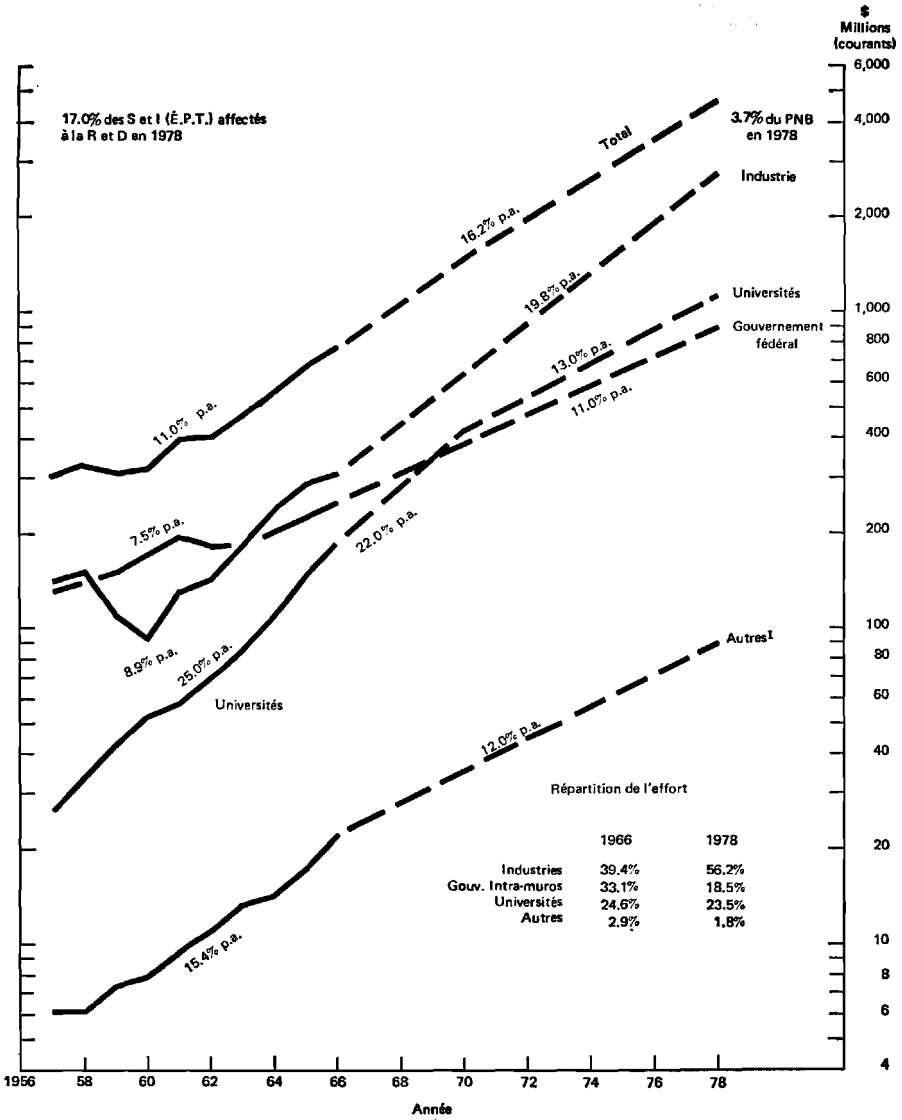
¹ Associations sans but lucratif et gouvernements provinciaux

**Figure 23.—Projection, jusqu'en 1978, des dépenses brutes du Canada en R et D—
par secteurs d'exécution**



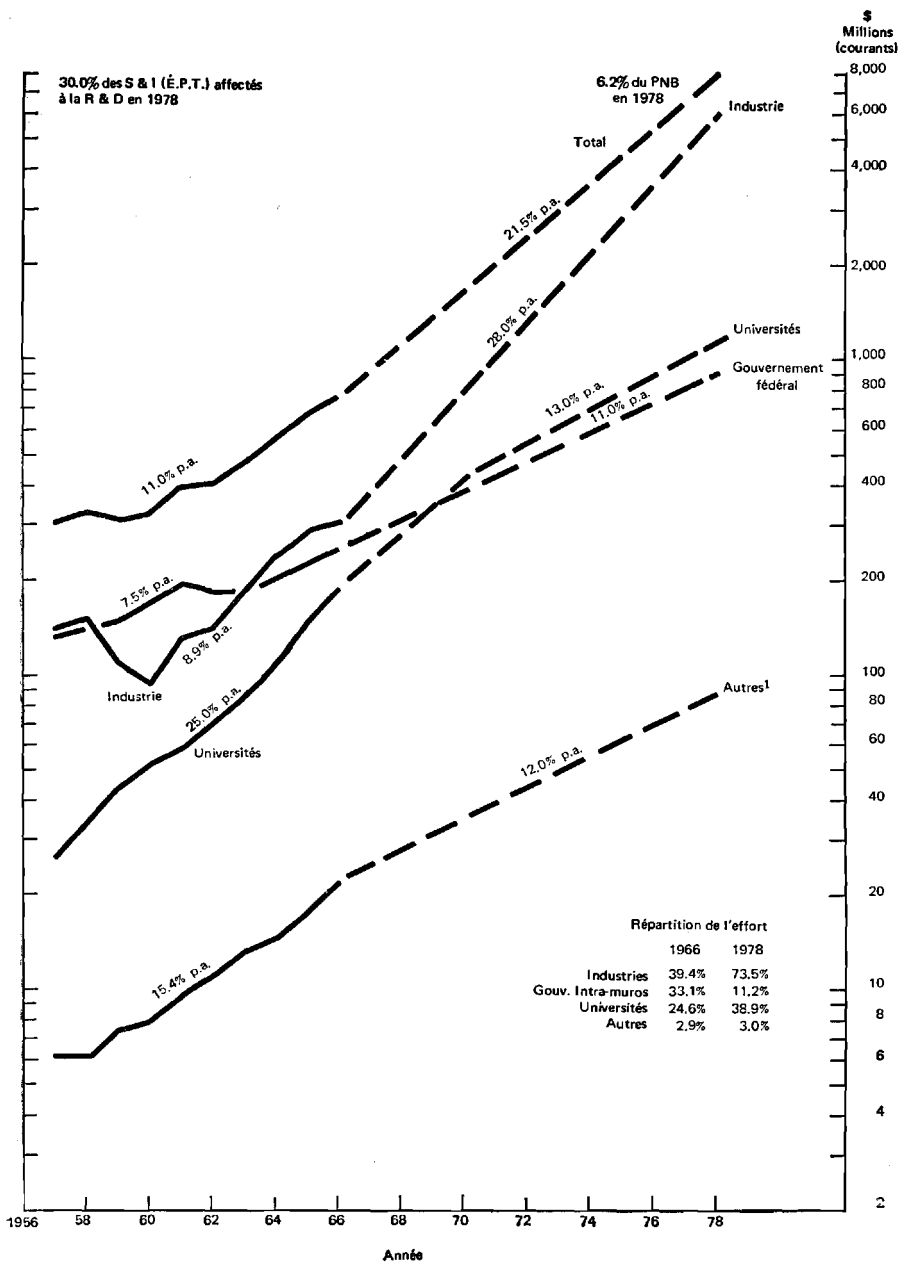
¹ Associations sans but lucratif et gouvernements provinciaux

Figure 24.—Projection, jusqu'en 1978, des dépenses brutes du Canada en R et D—
par secteurs d'exécution



¹ Associations sans but lucratif et gouvernements provinciaux

Figure 25.—Projections, jusqu'en 1978, des dépenses brutes du Canada en R et D—
par secteurs d'exécution



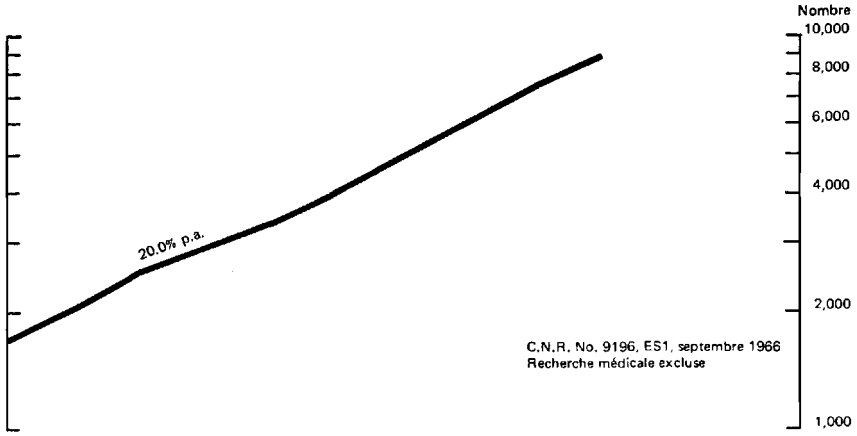
¹ Associations sans but lucratif et gouvernements provinciaux

- 2) *Établissements intra-muros du gouvernement fédéral*: Le taux moyen d'accroissement des dépenses intra-muros du gouvernement fédéral en R et D s'est élevé à 7.5 p. 100 par an, de 1957 à 1966. Cela représente un taux d'accroissement réel très faible (environ 2.5 p. 100 par an) résultant du programme d'austérité des premières années de 1960, et de certains autres facteurs. Dans les quatre hypothèses illustrées aux figures 22, 23, 24 et 25, nous avons supposé un taux annuel d'accroissement du chiffre du personnel de 5 p. 100 par an, de 1966 à 1978 (accroissement annuel apparent de 11 p. 100). Cette supposition est quelque peu arbitraire, mais elle permet à l'activité intra-muros du gouvernement en matière de R et D de prendre de l'expansion à un rythme raisonnable à mesure qu'augmentent les responsabilités du gouvernement fédéral quant à la nécessité de satisfaire à des besoins dont le Canada devient de plus en plus conscient. Évidemment, le lecteur peut changer les données de ces hypothèses et analyser les implications que cela pourrait avoir.
- 3) *Le secteur universitaire*: De 1957 à 1966, les dépenses en R et D dans les universités ont augmenté à un rythme de 25 p. 100 par an. Pendant cette même période, le nombre d'inscriptions dans les facultés de sciences et de génie des universités canadiennes a augmenté de 20 p. 100 par an (figure 26), ce qui démontre que l'accroissement des dépenses en R et D dans le secteur universitaire a suivi de près le taux d'accroissement du chiffre des inscriptions d'étudiants diplômés (compte tenu du facteur inflation-sophistication en R et D). Il semble raisonnable de supposer que ce rapport restera le même dans les années à venir. Le Comité des prévisions du C.N.R.³ prévoit une augmentation de 16 à 17 p. 100 du chiffre des inscriptions d'étudiants diplômés aux facultés de sciences et d'ingénierie de 1966 à 1970, et une augmentation de 7 p. 100 par année de 1970 à 1976. Nous supposons que ce dernier taux d'accroissement sera également applicable en 1977 et 1978. Selon ces projections, que l'on peut considérer comme fort prudentes⁴ et par conséquent presque minimales,

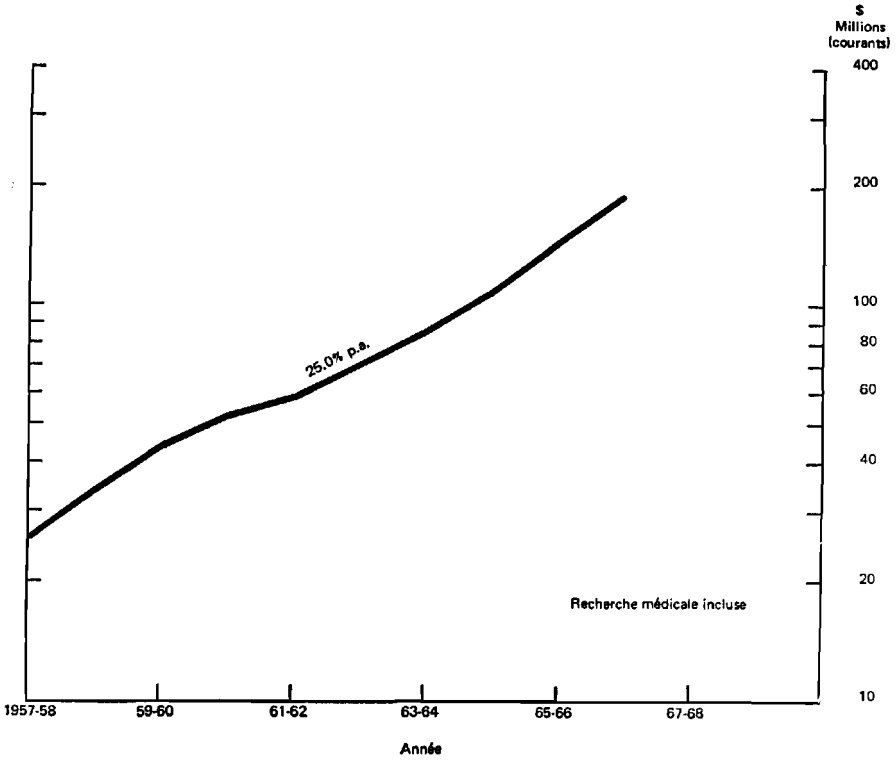
³ Le Comité des prévisions du Conseil national de recherches: sommes consacrées à la recherche en sciences et en ingénierie dans les universités canadiennes, ES1, CNR n° 9196, septembre 1966. L'inscription des étudiants diplômés dans le domaine médical est exclue.

⁴ Dans le rapport du Comité des prévisions (renvoi 13) un autre choix est offert quant au taux extrapolé d'accroissement du chiffre des inscriptions d'étudiants diplômés, c'est-à-dire: 18 p. 100 par an, de 1966 à 1970, et 12 p. 100 par an, de 1970 à 1976. Ces deuxièmes prévisions comportent des chiffres plus élevés, car on a admis que les premières prévisions étant fondées sur l'appréciation par chaque université de l'expansion de ses cours pour étudiants diplômés, elles devaient obligatoirement avoir tendance à être trop modérées. Les premières prévisions impliquent qu'à partir de 1970, environ la même proportion de scientifiques et d'ingénieurs diplômés suivrait des cours supérieurs. Cela semble peu vraisemblable à cette époque d'expansion des universités au Canada. Ou alors, elles impliquent une diminution du chiffre des inscriptions des étudiants diplômés étrangers, qui, à l'heure actuelle, représente entre 30 et 40 p. 100 du chiffre total des inscriptions.

Figure 26.—Nombre d'étudiants visant à des diplômes d'études supérieures en sciences et en génie dans les universités canadiennes



DÉPENSES EN R & D DANS LES UNIVERSITÉS CANADIENNES



le taux d'accroissement des dépenses en R et D dans les universités serait d'au moins 22 p. 100 par an (accroissement du chiffre du personnel: 16 p. 100 par an), de 1966 à 1970, et de 13 p. 100 par an (accroissement du chiffre du personnel: 7 p. 100 par an) de 1970 à 1978. Nous avons adopté ces projections dans les quatre hypothèses illustrées aux figures 22, 23, 24 et 25.

Les conséquences sont démontrées aux figures 22, 23, 24, et 25. Dans le cas de la première hypothèse (figure 22), nous supposons que le nombre des scientifiques et des ingénieurs affectés à la R et D en 1978 s'élève à 10 p. 100 de leur nombre total. On peut voir que cela ne laisse qu'un taux d'accroissement des dépenses en R et D dans le secteur industriel de 8.2 p. 100 par an (accroissement du personnel: 2.2 p. 100 par an), alors que le taux moyen d'accroissement entre 1957 et 1966 était de 8.9 p. 100 par an.⁵ On pourrait en conclure que l'industrie assumerait une plus faible proportion des D.B.R.D. en 1978 (27.2 p. 100) qu'elle ne le faisait en 1966 (39.4 p. 100).

Si nous tenons compte de la conviction partagée actuellement par un grand nombre de personnes que l'industrie devrait se charger d'une plus grande part du fardeau dans le domaine de la R et D, il est peu vraisemblable que cette hypothèse soit acceptée. On aurait plutôt tendance à interchanger les taux d'accroissement relatifs au gouvernement et à l'industrie, dans cet exemple. Cependant, même si nous le faisons, le taux d'accroissement prêté aux universités est si élevé que celui de l'industrie ne saurait rester à son niveau actuel, et encore moins se rapprocher de la place qu'il occupe dans les autres pays industrialisés⁶, ce qui est ce à quoi nous devrions viser, aux dires de certaines personnes. Cependant, il ne servirait de rien de poursuivre cette ligne de discussion trop loin car, en elle-même, on ne peut guère s'attendre à ce qu'elle serve de base à une ligne de conduite.

La deuxième hypothèse (figure 23) suppose une participation constante de 14.3 p. 100 des scientifiques et des ingénieurs à la R et D (proportion en 1965). L'accroissement total des dépenses en R et D qui en résulterait, serait de 14.6 p. 100 par an, si nous acceptons le taux d'accroissement extrapolé de 8.6 p. 100 par an pour l'effectif total des professions libérales. Dans ce cas, l'industrie assumerait 47.8 p. 100 des dépenses en R et D, en 1978, alors qu'elle en assumait 39.4 p. 100 en 1966.

⁵ Ces chiffres reflètent une crise grave quant aux dépenses industrielles en R et D résultant de l'interruption du projet Arrow et des difficultés économiques survenues vers la fin de la dernière décennie.

⁶ En 1963-1964, le secteur industriel a assumé de 60 à 70 p. 100 des dépenses en R et D, dans la plupart des principales nations industrialisées, sauf en Hollande (56 p. 100), en France (51 p. 100) et au Canada (41 p. 100). «Niveau et structures des efforts en R et D dans les pays membres de l'OCDE», OCDE, Paris, 1967.

Dans le cas de la troisième hypothèse (figure 24, 17 p. 100 des scientifiques et des ingénieurs affectés à la R et D en 1978), le taux d'accroissement des dépenses brutes en R et D serait de 16.2 p. 100 par année, de 1966 à 1978. Si nous supposons que la participation du gouvernement et des universités au domaine de la recherche reste inchangé, l'industrie assumerait en 1978, 56.2 p. 100 des dépenses en R et D.

La quatrième hypothèse (figure 25) suppose que 30 p. 100 de l'effectif des scientifiques et des ingénieurs sera affecté à la R et D en 1978; dans ce cas l'industrie assumerait 75 p. 100 du coût de la R et D, ou encore l'expansion économique justifierait une nouvelle répartition des dépenses entre les divers secteurs. Cette hypothèse représente une réorientation totale de la politique nationale; les dépenses brutes en R et D augmenteraient de 21.5 p. 100* chaque année, ce qui entraînerait une augmentation du nombre des scientifiques et des ingénieurs affectés R et D de 14.9 p. 100 par année.

Il convient de remarquer que toutes les hypothèses, sauf la première, supposent un taux soutenu d'accroissement des dépenses et de l'effectif de R et D qui dépasse celui des États-Unis au cours de la décennie 1954-1964. Ce fait ne devrait pas être surprenant car il tient compte de l'expansion exceptionnellement rapide de l'effectif ouvrier et de l'économie du Canada, selon les extrapolations pour la décennie commençant en 1970 (voir le Quatrième exposé annuel du Conseil économique du Canada). L'amélioration des possibilités d'acquérir une bonne éducation vient s'ajouter à l'accroissement rapide de la population et de l'effectif ouvrier, de même qu'un réveil, un certain processus de rattrapage qui tend à réduire l'avance des États-Unis dans les domaines de la science et de la technologie. Néanmoins, la comparaison a l'avantage de mettre en relief le fait que les taux élevés d'expansion prévus en ce qui a trait aux recherches et au développement peuvent susciter certaines difficultés quant à la politique nationale.

On peut en conclure que, lorsque tout un régime économique passe par une phase d'expansion rapide, on peut s'attendre que les éléments étroitement liés entre eux accusent un accroissement foncièrement similaire. Si, pour prendre un exemple exagéré, on adoptait pour politique de maintenir le niveau des dépenses en R et D à celui de 1966, soit environ 1.3 p. 100 du PNB, si, de plus, l'effectif des scientifiques et des ingénieurs continuait d'augmenter selon les projections, et si les universités continuaient de s'agrandir pour satisfaire à la demande d'un plus haut niveau d'éducation, selon les extrapolations prudentes citées plus tôt, nous remarquerions que, en 1978, le chômage et le sous-emploi des scientifiques et des ingénieurs deviendraient probablement chose commune, et que les deux tiers des travaux de R et D au Canada seraient faits dans les universités.

* En fait ce pourcentage serait plus élevé puisque, de toute évidence, le taux d'accroissement est loin de s'en approcher en 1968.

Projections par secteurs: sources des fonds

Le seul moyen dont nous disposions pour établir des projections concernant les sources de fonds, est de prolonger les tendances observées actuellement et ce jusqu'à ce que des décisions soient prises quant aux priorités nationales et à l'organisation des efforts du Canada (présumément en voie de s'accroître) dans le domaine de la recherche et du développement. Nous n'offrirons donc qu'une seule projection, un choix médian, fondé sur des hypothèses quelque peu arbitraires mais raisonnables malgré tout, à seule fin d'illustration.

L'exemple suppose que le niveau de la participation des scientifiques et des ingénieurs à la recherche et au développement jusqu'en 1978 reste le même qu'en 1965 (14.3 p. 100). Les courbes de la figure 27 indiquent pour commencer les régimes de dépenses selon les sources puis les projections jusqu'en 1978 fondées sur les hypothèses suivantes:

Le secteur «autres»⁷ prend rapidement de l'importance en tant que source de fonds, entre 1957 et 1966 (29 p. 100 par an). La plupart des fonds (62 p. 100 en 1966) proviennent de sources étrangères, principalement des États-Unis. Cette tendance devrait s'atténuer dans l'avenir, à en juger par les préoccupations économiques et politiques actuelles des États-Unis. Nous avons donc projeté un accroissement beaucoup plus modeste de 11 p. 100 par an jusqu'en 1978.

Les fonds consacrés par le secteur universitaire à la recherche et au développement ont augmenté de 22 p. 100 par an, de 1957 à 1966. Nous supposons que le taux d'accroissement sera inférieur, 16 p. 100 par an, de 1966 à 1978, et cela pour deux raisons: la nécessité de donner encore plus d'expansion aux installations pré-universitaires vont grever le budget des gouvernements provinciaux, et les projections que nous avons adoptées relativement aux inscriptions supposent un ralentissement de l'expansion des cours pour diplômés à partir de 1970.

Les fonds consacrés par le secteur industriel à la recherche et au développement ont augmenté de 11.9 p. 100 par an de 1957 à 1966. Tant que les divers programmes de stimulation resteront en vigueur et que l'on continuera d'appuyer l'expansion des industries manufacturières secondaires, on peut raisonnablement supposer que les fonds de R et D provenant du secteur industriel continueront d'augmenter au taux de 12 p. 100 par an, de 1966 à 1978.

De 1957 à 1966, les fonds fournis par le gouvernement fédéral ont augmenté de 7.5 p. 100 par an (moyenne générale). Comme ce secteur est la dernière source de financement (le cas que nous avons choisi à titre d'exemple suppose que le total des dépenses s'élèvera à 3.1 p. 100 du P.N.B. en 1978) une fois les hypothèses précédentes posées, les fonds affectés par le gouvernement fédéral à la recherche et au développement devraient croître de 16.2 p. 100 par an de 1966 à 1978.

⁷ Associations sans but lucratif, gouvernements provinciaux, sources étrangères.

Les fonds fournis par le gouvernement fédéral dans tous les secteurs de R et D, en 1966, se sont élevés à 396.6 millions de dollars. La projection du taux d'accroissement mentionnée ci-dessus amènerait la participation du gouvernement fédéral à 1,300 millions de dollars (courants) en 1974, \$1,760 millions, en 1976 et \$2,370 millions, en 1978, augmentation représentant un facteur de 4.4 au cours de la décennie. Les fonds affectés à la recherche et au développement représentaient 4.5 p. 100 de tout le budget fédéral (8,798 millions de dollars) pour l'exercice financier 1966-1967; de son côté le budget équivalait à 15.2 p. 100 du PNB pour 1966—environ le même pourcentage, en moyenne, que celui des cinq années précédentes.⁸ Aux États-Unis, les chiffres correspondants en 1966 étaient de 15 p. 100 et de 14.4 p. 100 respectivement.⁹ Si nous supposons que les fonctions et les responsabilités du gouvernement fédéral du Canada seront les mêmes en 1978 qu'elles sont aujourd'hui, nous pouvons nous attendre que le budget fédéral représentera le même pourcentage du PNB. Le budget serait alors de 19,400 millions de dollars. Les dépenses fédérales dans le domaine de la recherche et du développement s'élèveraient alors à 12.2 p. 100 du budget fédéral de 1978—pourcentage bien supérieur à celui de la participation fédérale actuelle mais encore inférieur au pourcentage du budget des États-Unis consacré à la R et D, en 1966.

L'augmentation des fonds consacrés à la R et D dans le budget du gouvernement fédéral de 4.5 p. 100 en 1966 à 12.2 p. 100 en 1978 serait une augmentation considérable mais non sans précédent si nous la comparons à ce qui s'est passé dans d'autres pays au cours des quelques dernières années. Le tableau 5 et la figure 28 illustrent la situation aux États-Unis, en France, dans la République Fédérale d'Allemagne et au Canada. Alors que les trois autres gouvernements nationaux ont redirigé une partie de leurs ressources vers le financement de la recherche et du développement, ce ne fut pas le cas du gouvernement canadien. Aussi, bien que la courbe représentant le surcroît d'importance relative attachée à la recherche et au développement dans le budget fédéral canadien, surcroît d'importance impliquée par les chiffres cités ci-dessus, afficherait un degré d'inclinaison intermédiaire entre celui des courbes indiquant l'importance qu'on y attache dans le budget de la France et des États-Unis, à la figure 28, cette réorientation des ressources pourrait partiellement être attribuée à une réaction à la période d'immobilité qui l'a précédée. Quoi qu'il en soit, les comparaisons démontrent que les pays peuvent fort bien réorienter l'utilisation de leurs ressources financières nationales, dans la mesure illustrée par la projection donnée en exemple à la figure 27, s'ils désirent le faire.

⁸ «Prévisions»: Prévisions budgétaires du gouvernement fédéral du Canada, publiées tous les ans par l'Imprimeur de la Reine, Ottawa.

⁹ NSF 67-19.

Figure 27.—Projections, jusqu'en 1978, des dépenses brutes du Canada en R et D—selon les sources de fonds

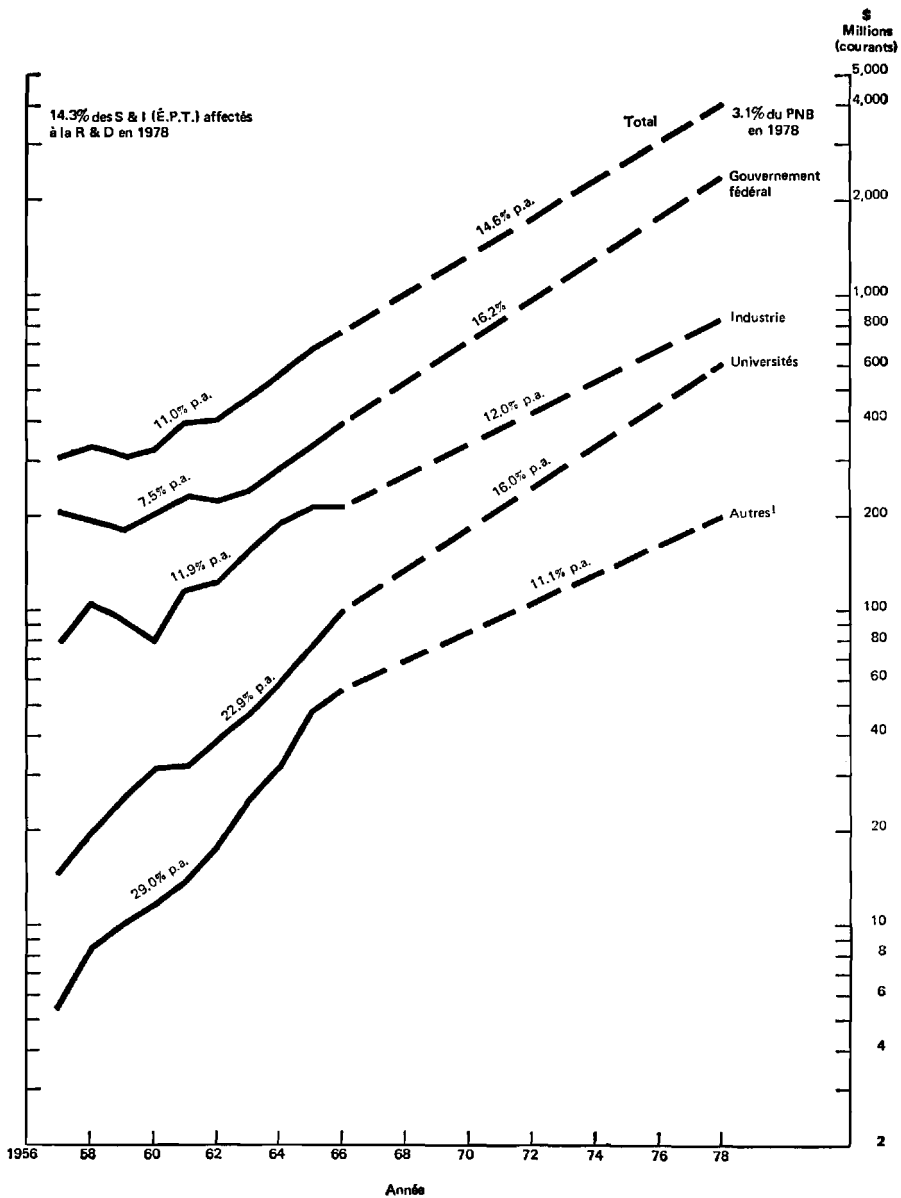
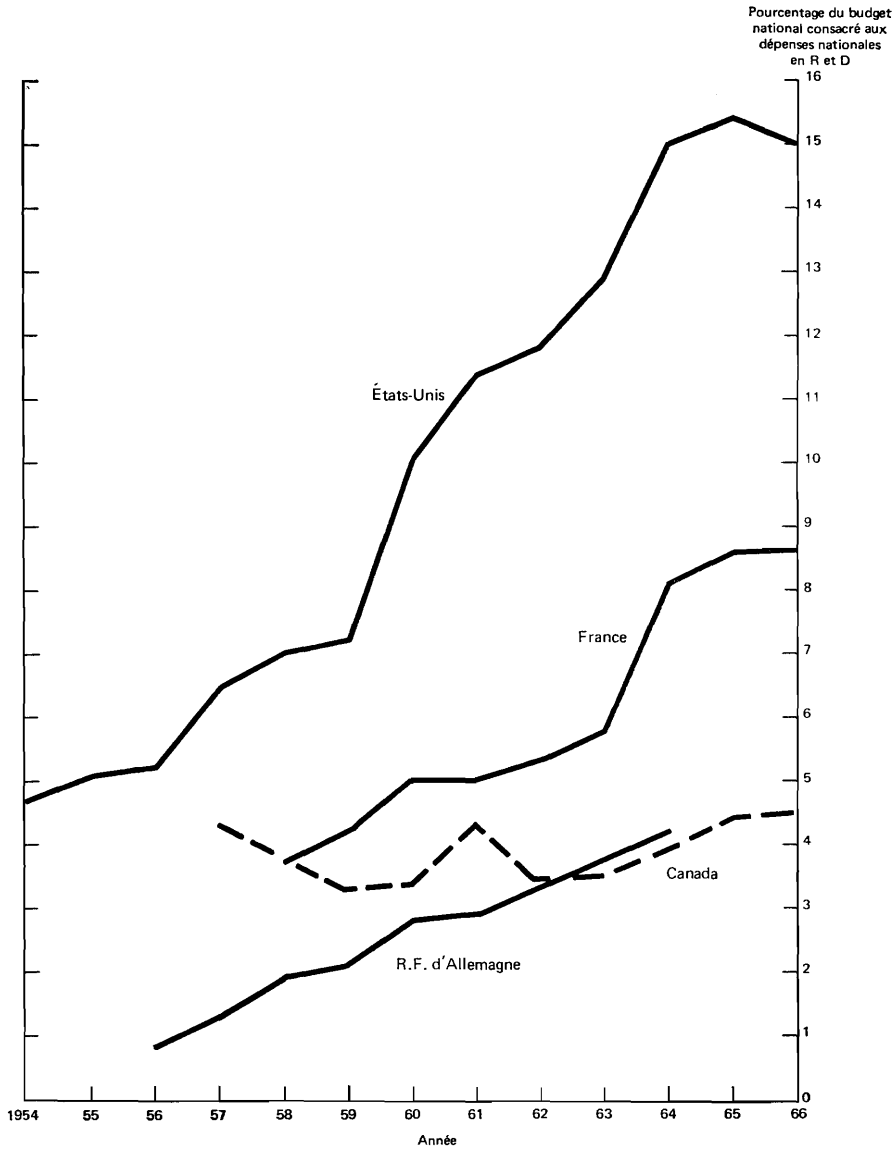


Figure 28.—Pourcentage des budgets nationaux affecté à la R et D



En termes absolus, à titre de renvoi historique, les dépenses nationales en R et D, en fonds courants, ont augmenté de 14.6 p. 100 (en moyenne) par an aux États-Unis au cours de la période 1954-1966, de 21.6 p. 100 par an, en France, de 1958 à 1966, de 35 p. 100 en R.F. d'Allemagne de 1956 à 1964, et de 7.5 seulement au Canada de 1957 à 1966 (voir tableau 6 et figure 27). Ainsi, bien que l'on puisse considérer les tendances projetées comme une rupture avec la tradition canadienne, elles ne représentent pas nécessairement des taux d'accroissement déraisonnables et impossibles à réaliser, pour la prochaine décennie. Seraient-ils raisonnables à plus long terme? C'est là une autre question. Pour y répondre, il faudrait tenir compte d'autres facteurs et les implications de ces divers processus d'accroissement dans notre société (ainsi que la signification de nos indices économiques) devraient être réexaminées de fond en comble.

Conclusions

Nous pensons que la présente étude a démontré l'utilité de projeter les conséquences macroscopiques des diverses décisions et hypothèses raisonnables en matière de ligne de conduite lorsqu'il s'agit d'établir une politique scientifique nationale. Nous n'avons fait que commencer à montrer ce qu'on pourrait accomplir si on utilisait des méthodes plus modernes (ordinateurs), des hypothèses moins grossières et de meilleures données de base. Il convient de noter en particulier que les projections relatives à la main-d'œuvre établies dans la Section première sont largement utilisées dans la présente étude; il n'est que juste que nous attirions l'attention du lecteur sur la nature des hypothèses qui y sont posées et sur l'insuffisance des données que nous possédons actuellement. L'effectif des scientifiques et des ingénieurs augmente moins rapidement que ne le laissent entendre les projections, d'autre part certains autres facteurs, comme l'émigration, pourraient rendre les projections inférieures à la réalité.

Tableau 5.—Rapports entre le budget du gouvernement fédéral du Canada et le produit national brut

	1961	1962	1963	1964	1965	1966
Budget du gouvernement ¹ fédéral (en millions).....	6,520.9	6,570.3	6,872.4	7,218.3	7,734.8	8,797.7
PNB du Canada ^{2,3} (en millions).....	37,435	40,520	43,142	47,703	52,109	57,800
Budget du gouvernement fédéral exprimé en % du PNB.....	17.4%	16.2%	15.9%	15.1%	14.8%	15.2%
Moyenne (1961-1965) =						15.8%

¹Débats de la Chambre des communes, volume 111, n° 51 (29 mars 1966), et volume 112, n° 18 (1 juin 1967); Chiffres pour 1966 fournis par le BFS.

²Bulletin mensuel de statistiques (N.U.).

³Annuaire des statistiques des comptes nationaux (N.U.)

Tableau 6.—Budgets nationaux et dépenses en R et D dans tous les secteurs É.-U., France, Canada et R.F. d'Allemagne

	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960
<i>É.-U.</i> ¹ (1966 = 1965-1966)							
1. Dépenses du gouv. fédéral en R et D ² (en millions de dollars américains)	3,148	3,308	3,446	4,462	4,990	5,803	7,738
2. Budget du gouvernement fédéral..... (en millions de dollars américains)	67,537	64,389	66,224	68,966	71,369	80,342	76,539
3. 1. exprimé sous forme de % de 2.....	4.7	5.1	5.2	6.5	7.0	7.2	10.1
<i>France</i>							
1. Dépenses du gouvernement de la République en R et D..... (en millions de francs)					1,704 ³	2,138 ³	2,712 ³
2. Budget du gouvernement de la République..... (en milliards de francs)					46.70 ⁵	51.19 ⁵	54.53 ⁵
3. 1. exprimé sous forme de % de 2.....					3.7	4.2	5.0

Tableau 6.—Budgets nationaux et dépenses en R et D dans tous les secteurs—É.-U., France, R.F. d'Allemagne et Canada (suite)

	1961	1962	1963	1964	1965	1966
<i>É.-U.</i> ¹ (1966 = 1965–1966)						
1. Dépenses du gouv. fédéral en R et D ² (en millions de dollars américains)	9,278	10,373	11,988	14,694	14,875	16,002
2. Budget du gouvernement fédéral..... (en millions de dollars américains)	81,515	87,787	92,642	97,684	96,507	106,978
3. 1. exprimé sous forme de % de 2.....	11.4	11.8	12.9	15.0	15.4	15.0
<i>France</i>						
1. Dépenses du gouvernement de la République en R et D..... (en millions de francs)	3,024 ³	3,666 ³	4,504 ³	6,680 ³	7,530 ⁴	8,164 ⁴
2. Budget du gouvernement de la République..... (en milliards de francs)	60.88 ⁵	69.88 ⁵	77.22 ⁵	82.73 ⁵	87.86 ⁵	95.19 ⁶
3. 1. exprimé sous forme de % de 2.....	5.0	5.3	5.8	8.1	8.6	8.6

¹ NSF 67–19 (vol. XVI, p. 2).

² Dépenses en R et D et à l'établissement de R et D. Les sommes comprennent les salaires et les allocations versées au personnel militaire de R et D, dans le cas des obligations aussi bien que des dépenses.

³ DGRST: Les Moyens Consacrés par l'État à la Recherche et au Développement en 1964, p. 32.

⁴ Les Progrès scientifiques, N° 114, décembre 1967: DGRST, p. 72.

⁵ Statistiques des comptes nationaux, 1956–1965, OCDE, p. 139.

⁶ Document du fonds monétaire international, SM/66/136, supplément 1, 10 janvier 1967. France—1966, article VIII, p. 28: Tableau 14. Budget du gouvernement central (emprunts exclus).

Tableau 6.—Budgets nationaux et dépenses en R et D dans tous les secteurs—É.-U., France, R.F. d'Allemagne et Canada (suite)

	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960
<i>R.F. d'Allemagne</i>							
1. Dépenses du gouvernement fédéral en R et D..... (en millions de marks)			170.57	332.77	527.17	614.27	898.77, ⁸
2. Budget du gouvernement fédéral ¹¹ (en milliards de marks)			22.46	24.95	27.10	29.79	32.12
3. 1. exprimé sous forme de % de 2.....			0.8	1.3	1.9	2.1	2.8
<i>Canada (1965 = 1965-1966)</i>							
1. Dépenses du gouvernement fédéral en R et D ¹² (en millions de dollars canadiens)				206.0	196.0	180.5	202.0
2. Budget du gouvernement fédéral..... (en millions de dollars canadiens)				4,775 ¹³	5,231 ¹³	5,539 ¹³	5,885 ¹³
3. 1. exprimé sous forme de % de 2.....				4.3	3.8	3.3	3.4

Tableau 6.—Budgets nationaux et dépenses en R et D dans tous les secteurs—É.-U., France, R.F. d'Allemagne et Canada (fin)

	1961	1962	1963	1964	1965	1966
<i>R.F. d'Allemagne</i>						
1. Dépenses du gouvernement fédéral en R et D..... (en millions de marks)	1,074.57	1,401.89		2,040.61 ⁰		
2. Budget du gouvernement fédéral ¹¹ (en milliards de marks)	36.41	42.05	45.77	48.40		
3. 1. exprimé sous forme de % de 2.....	2.9	3.3		4.2		
<i>Canada (1965 = 1965-1966)</i>						
1. Dépenses du gouvernement fédéral en R et D ¹² (en millions de dollars canadiens)	230.7	225.8	240.3	281.8	336.5	396.9
2. Budget du gouvernement fédéral..... (en millions de dollars canadiens)	6,254 ¹³	6,638 ¹³	6,739 ¹³	7,160 ¹³	7,537 ¹³	8,797.7 ¹⁴
3. 1. exprimé sous forme de % de 2.....	4.3	3.4	3.5	3.9	4.4	4.5

⁷ Rapports par pays sur l'organisation de la recherche scientifique—Allemagne; OCDE; p. 66; sciences sociales incluses.

⁸ Chiffre approximatif pour une période de 12 mois.

⁹ «Politiques nationales de la Science»—R.-U. et Allemagne, OCDE; p. 203.

¹⁰ Bundesbericht Forschung II; Der Bundesminister Für Wissenschaftliche Forschung; p. 212 et 213. Sciences sociales incluses.

¹¹ Statistiques des comptes nationaux, 1956-1965, OCDE; p. 139. Les statistiques pour la période 1956-1959 ne comprennent pas les chiffres pour Berlin ouest ni pour la Sarre.

¹² Chiffre du Secrétariat des sciences (voir figure 4).

¹³ Statistiques des comptes nationaux, 1956-1965, OCDE; p. 39.

¹⁴ Selon le B.F.S.

Appendice A

PROJECTIONS JUSQU'EN 1978 DES STATISTIQUES DES É.-U. SUR LES SCIENCES ET L'INGÉNIERIE

Nous reproduisons l'exercice de projection suivant à titre de suggestion et d'information, en partie parce que les problèmes auxquels se butent les États-Unis actuellement rendent toute projection des dépenses et de l'emploi de la main-d'œuvre extrêmement risquée. Cependant, nous allons essayer de donner des projections raisonnables jusqu'en 1978, sans essayer de rapporter les éléments de surprise, de l'importance de la réserve active de scientifiques et d'ingénieurs des États-Unis¹, du nombre de ces scientifiques et ingénieurs qui pourrait raisonnablement s'occuper de R et D (équivalent à plein temps), et des dépenses brutes correspondantes en R et D (D.B.R.D.), aux États-Unis, en dollars constants de 1965.

Réserve courante de scientifiques et d'ingénieurs disponibles en 1978

En 1963, la réserve active de scientifiques et d'ingénieurs aux États-Unis s'élevait à 1,360,000.² Le tableau 1A indique quelle méthode fut utilisée pour calculer le chiffre de la réserve active de scientifiques et d'ingénieurs aux États-Unis, en 1965, année sur laquelle se fonde le présent exercice, et par quelle méthode nous en sommes arrivés à l'extrapolation de cette réserve jusqu'en 1978. Les pertes d'effectifs (décès ou retraite), les premiers diplômes universitaires, l'immigration et le déplacement (en plus des pertes d'effectif) hors de la réserve active de scientifiques et d'ingénieurs sont entrés en ligne de compte. Selon les extrapolations, la réserve active de scientifiques et d'ingénieurs des États-Unis, en 1978, atteindra les 3,190,000 (chiffre arrondi; figure 30)

¹ «Active» par opposition à «potentielle». La réserve potentielle de scientifiques et d'ingénieurs comprendrait tous les membres de l'effectif ouvrier qui ont reçu une formation en science et en ingénierie (ainsi que ceux qui ne font pas partie de l'effectif ouvrier mais qui n'ont pas atteint l'âge de la retraite, comme les maîtresses de maison, par exemple), tandis que la réserve active comprend tous les membres de l'effectif ouvrier qui occupent des postes exigeant une certaine formation scientifique ou technique. Les étudiants diplômés sont inclus dans les deux définitions en raison de leur activité dans les domaines de la recherche et du développement et de leur rôle important dans l'enseignement. On donne parfois au mot «active» une définition plus étroite pour inclure uniquement ceux qui sont impliqués directement dans les travaux de science et d'ingénierie; cependant notre objectif est d'inclure à notre étude la plus grande partie possible de la structure technique.

² Voir page A-5.

² NSF 64-28. Comprend les sciences naturelles, les mathématiques, le génie, les sciences forestières et agricoles, la science vétérinaire et les scientifiques médicaux affectés à la R et D et remplissant des fonctions de production. Ne comprend pas les sciences sociales. Comprend les gens qui possèdent une formation équivalente à au moins quatre ans de cours universitaires. Ne comprend pas les gens possédant une formation de scientifique ou d'ingénieur qui sont actuellement employés à des travaux qui ne requièrent que peu ou pas de formation de ce genre.

Tableau 1A.—Projection, jusqu'en 1978, de la réserve active de scientifiques et d'ingénieurs faisant partie de la population active aux États-Unis

Année	Perte (1.5% par an) ^a	Diplôme de bachelier et premier diplôme profes- sionnel	Immigration aux É.-U. ^c	Déplacement hors des domaines des sciences et du génie	Total net des gains en personnel	Effectif actif en science et en génie (chiffre rond)
1963	—	—	—	—	—	1,360,000
1964	-20,400	104,005	5,401	-10,400	78,606	1,439,000
1965	-21,570	110,156	5,004	-11,016	82,574	1,521,000
1966	-22,800	110,200	6,773	-11,020	83,153	1,604,000
1967	-24,050	118,550	6,000	-11,855	88,645	1,693,000
1968	-25,380	141,400	6,000	-14,140	107,880	1,801,000
1969	-27,000	156,330	6,000	-15,633	119,697	1,921,000
1970	-28,800	156,800	6,000	-15,680	118,320	2,039,000
1971	-30,500	160,970	6,500	-16,097	120,873	2,160,000
1972	-32,350	168,730	6,500	-16,873	126,007	2,286,000
1973	-34,300	178,380	6,500	-17,838	132,742	2,418,000
1974	-36,200	188,140	6,500	-18,814	139,626	2,558,000
1975	-38,300	198,230	7,000	-19,823	147,107	2,705,000
1976	-40,550	208,110	7,000	-20,811	153,745	2,859,000
1977	-42,800	220,000	7,000	-22,000	162,200	3,021,000
1978	-45,200	230,000	7,000	-23,000	168,800	3,190,000

^aMonthly Labour Review, Département du Travail des États-Unis, Bureau des statistiques du travail, p. 1262, novembre 1966.

^bProjections of Educational Statistics to 1975-76, Département de la Santé, de l'Éducation et du Bien-être social des États-Unis, 1966. Comprend l'ingénierie, les mathématiques et les statistiques, les sciences physiques et biologiques, les sciences agricoles et forestières et les sciences générales.

^cThe Brain Drain into the United States of Scientists, Engineers and Physicians Une étude du personnel pour le sous-comité des programmes de recherche et des programmes techniques du Comité des opérations du gouvernement, juillet 1967, Washington, D.C.

^dC'est-à-dire scientifiques et ingénieurs perdus pour la réserve active de scientifiques et d'ingénieurs et entrant dans la réserve potentielle, contrebalancé par l'admission aux professions scientifiques et techniques de personnes qui ne détiennent pas de diplôme de science ou d'ingénierie (bon nombre sans aucun diplôme). Approximativement 10 p. 100 des diplômés.

Nombre de scientifiques et d'ingénieurs affectés à la R et D

En 1965, 503,600 (équivalent à plein temps) scientifiques et ingénieurs travaillaient à la recherche et au développement aux États-Unis.³ Cela représente environ 33 p. 100 de l'effectif total des scientifiques et des ingénieurs à cette époque. On a fondé les extrapolations du nombre de scientifiques et ingénieurs (É.P.T.) qui seront affectés à la R et D en 1978 sur trois hypothèses: que 20 p. 100 seulement de leur nombre serait affecté à la recherche et au développement (malgré la multiplication des écoles pour diplômés), que le même pourcentage qu'actuellement y sera affecté (33 p. 100), que 50 p. 100 y seront affectés. Le premier cas serait possible si les États-Unis sont écrasés sous le poids de leurs autres engagements (ex.: Asie du sud-est) ou si les difficultés monétaires internationales persistent. Le

³ NSF 67-7; p. 9.

deuxième cas implique une légère expansion des programmes actuels ou potentiels, le troisième cas implique une grande expansion des travaux de R et D à grande échelle liés à de nouveaux grands programmes américains (ex.: océanographie, milieu urbain, programmes plus poussés que les programmes Apollo). Ces trois cas représentent trois taux différents d'accroissement du nombre des scientifiques et des ingénieurs affectés aux travaux de R et D, soit 1.9 p. 100, 5.9 p. 100 et 9.3 p. 100 par an respectivement (figure 31).

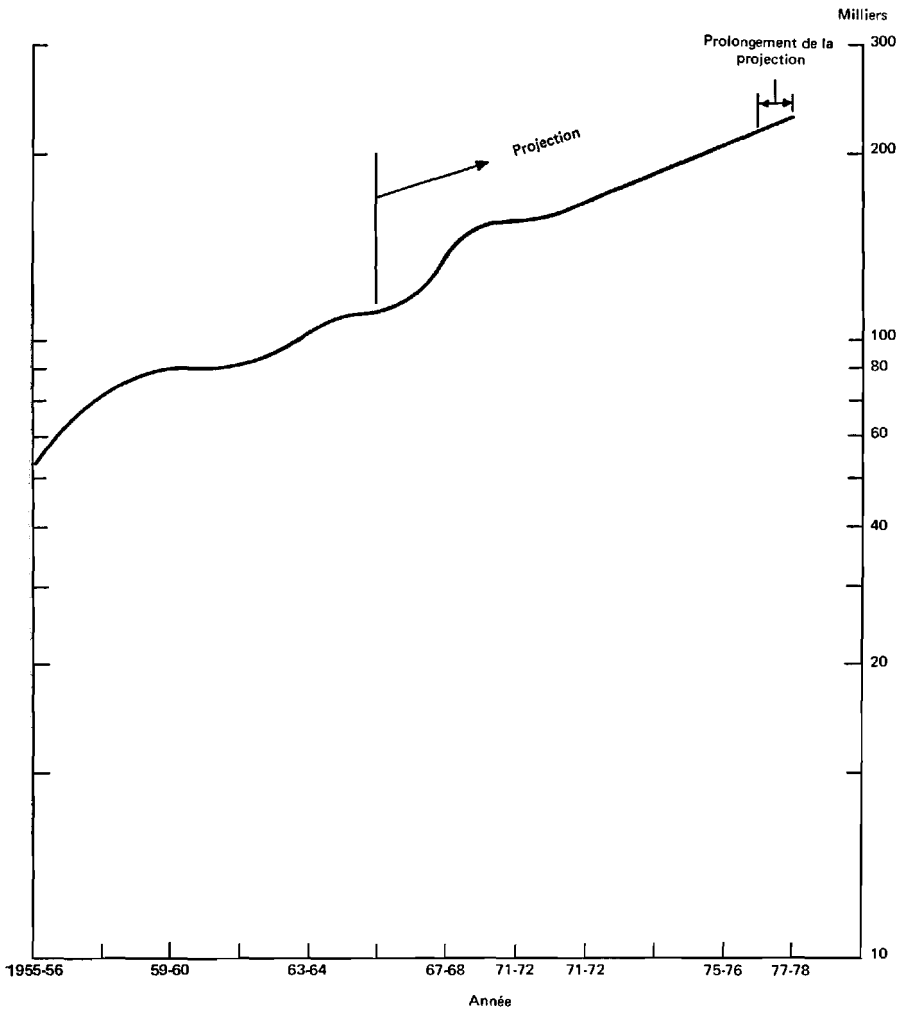
D.B.R.D.

En 1965, les dépenses brutes en R et D, aux États-Unis, s'élevaient à 22,179 M⁴ de dollars (3.2 p. 100 du PNB). On pose en hypothèse que le facteur de sophistication sera de 3 à 4 p. 100, en ce qui a trait au coût de la R et D par scientifique et ingénieur (en dollars constants); les niveaux des D.B.R.D. projetés pour 1978 et fondés sur les trois hypothèses illustrées à la figure 31 sont indiqués à la figure 32 en dollars constants de 1965. Selon des projections modérées, le PNB des États-Unis serait de \$1,230 milliards (dollars constants de 1965), en 1978.⁵ Ainsi, si seulement 20 p. 100 des scientifiques et des ingénieurs des É.-U. sont affectés à la R et D en 1978, les dépenses brutes en R et D représenteraient de 3.3 à 3.7 p. 100 du PNB; s'il y en a 33 p. 100, ces dépenses représenteraient entre 5.4 et 6.1 du PNB et s'il y en a 50 p. 100, le montant des dépenses serait alors de 8.1 à 9.1 p. 100 du PNB. Donc, dans des conditions relativement normales, on peut s'attendre que le montant des D.B.R.D. exprimé en pourcentage du PNB soit plus élevé à l'avenir.

⁴ *U.S. R & D Expenditures in 1967*, rapport de la Section socio-économique, Laboratoire Columbus, Battelle Memorial Institute.

⁵ H. Kahn et A. J. Wiener, *The year 2000*, The MacMillan Co., New York, 1967, p. 159. Utilisé comme taux d'accroissement de 4.5 p. 100 par an, à partir de l'année de base 1965.

Figure 29.—Nombre de baccalauréats en science et en génie et premiers grades professionnels accordés par les universités et les collèges américains



Source: «Projections of Educational Statistics to 1975-1976»

Département de la Santé, de l'Éducation et du Bien-être des É.-U.

Y compris mathématiques, agriculture, foresterie mais sciences médicales non incluses.

Figure 30.—Projection, jusqu'en 1978, de la réserve active de scientifiques et d'ingénieurs faisant partie de la population active

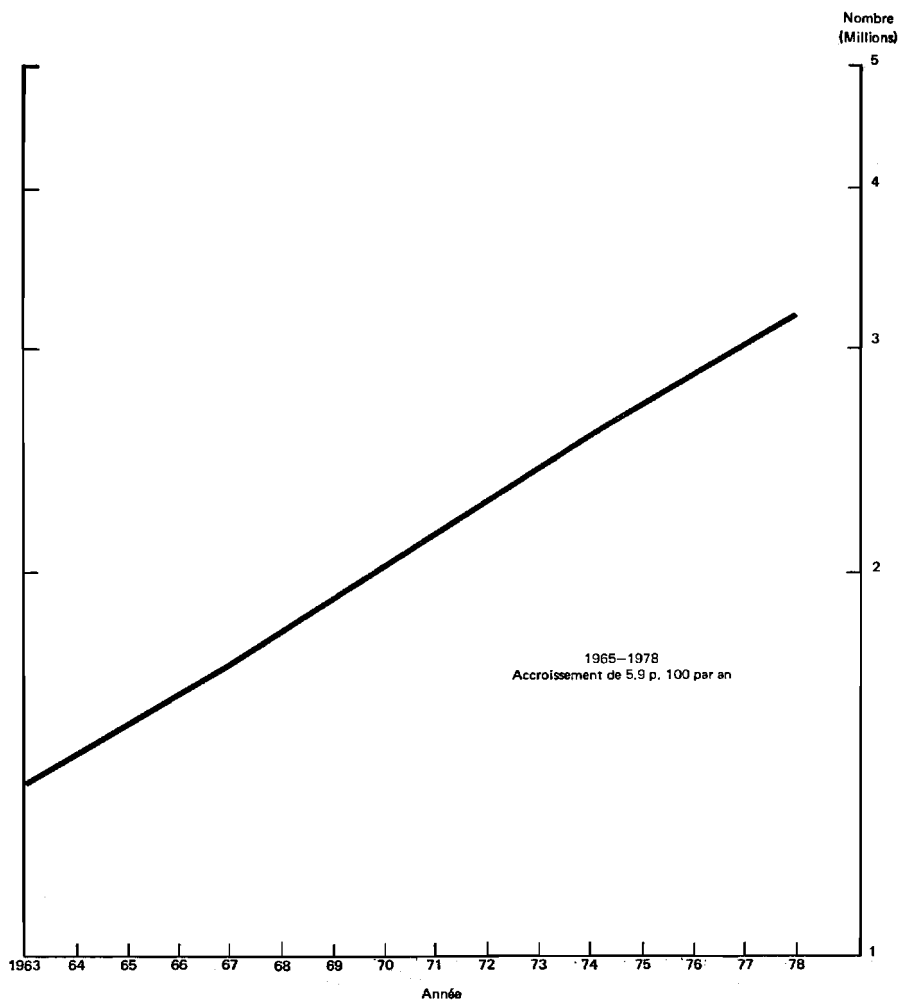


Figure 31.—Projections jusqu'en 1978 du nombre de scientifiques et d'ingénieurs (É.P.T.) affectés à la R & D aux É.-U.

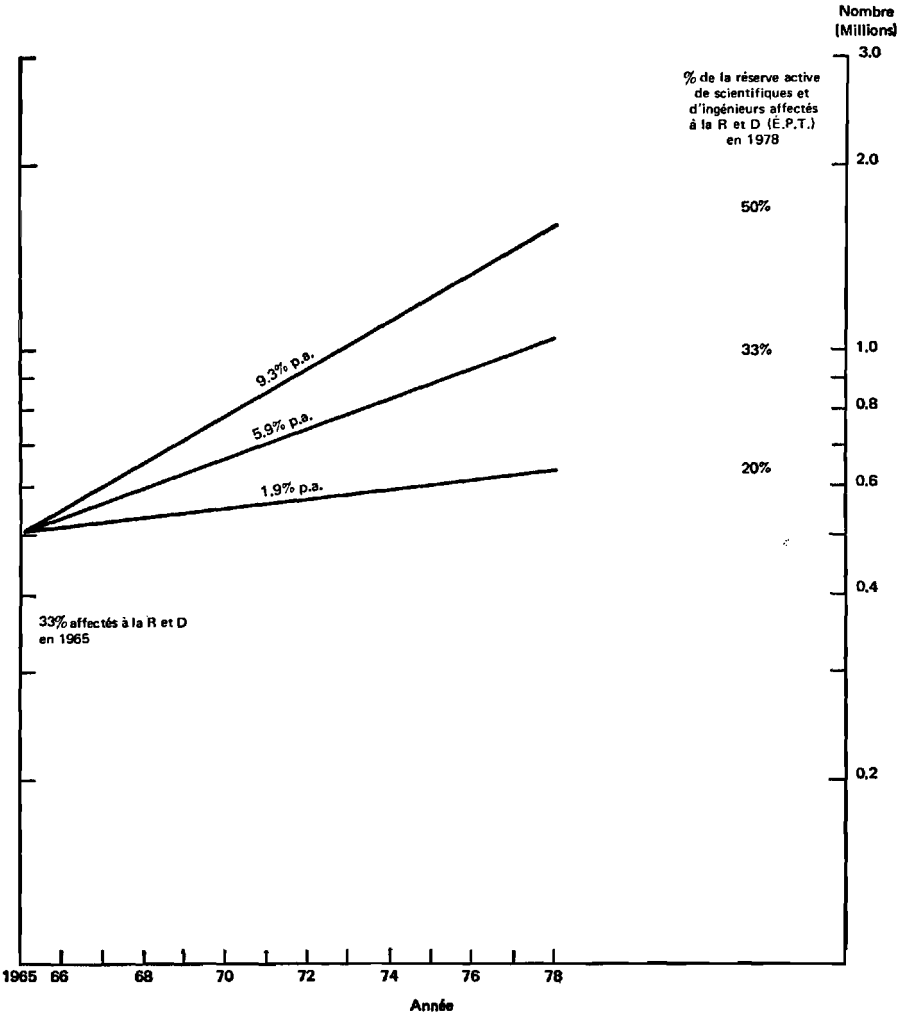
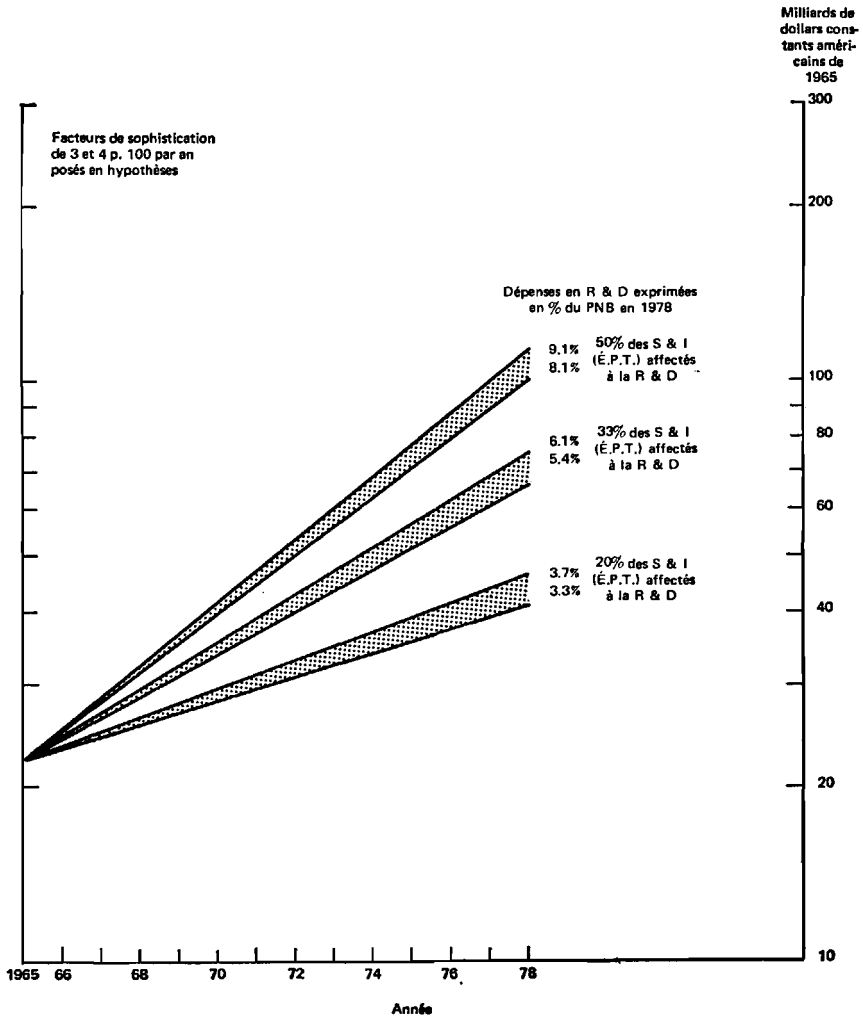


Figure 32.—Projections des D.B.R.D. jusqu'en 1978 aux États-Unis



Note supplémentaire

Les observations formulées par les lecteurs et les réflexions qui sont venues après coup aux auteurs depuis la rédaction des présentes sections ont conduit à penser qu'il y avait lieu de rédiger une note supplémentaire qui aiderait peut-être à éviter certains malentendus ou certaines fausses interprétations.

Parce que la tranche des scientifiques et des ingénieurs dans la population active a été isolée afin qu'on puisse l'examiner, il y a un certain danger qu'une perspective faussée des choses soit présentée.

Ainsi, la projection suppose un taux de croissance moyen de 8.2 p. 100 par année (continuellement composé, ou de 8.6 p. 100 composé annuellement) au cours de la décennie 1968-1978 tandis que la population active est projetée en croissance de moins de 3 p. 100 par année. On pourrait en conclure aussitôt que scientifiques et ingénieurs se reproduisent en nombre excessif et vont constituer toute la population active d'ici 50 ans et qu'il faut faire quelque chose pour enrayer cet état de chose.

Les choses, cependant, ne sont pas aussi simples. Il comporte de noter que les scientifiques et les ingénieurs dans les promotions universitaires annuelles de l'échelon du baccalauréat *ne forment que 19 p. 100 environ du total et sont projetés en proportion décroissante pour la décennie.*

C'est ainsi que l'augmentation du nombre projeté de scientifiques et d'ingénieurs ne constitue qu'un aspect de toute la montée du niveau d'instruction de la population active. La population ayant un diplôme d'université devrait même augmenter *plus rapidement* au cours de la décennie que le nombre de scientifiques et d'ingénieurs. En quoi cela constituera-t-il un déséquilibre?

Certes, à ce rythme-là, l'instruction de toute la population pourrait bien approcher le niveau du grade universitaire d'ici 50 ans, mais c'est là un résultat que peu de gens sont prêts à prédire à l'heure actuelle. En fait, la projection d'Illing et Zsigmond de la production universitaire annuelle, sur laquelle se fonde l'étude, ne suppose pas le maintien d'un tel taux de croissance et accuse, à tort ou à raison, un ralentissement prononcé à partir à peu près de 1972.

Notre compréhension des facteurs intervenant dans l'innovation industrielle, la productivité, la croissance économique et le reste nous amène à nous rendre compte qu'il serait beaucoup plus avantageux d'examiner ce qui se produit dans la *technostructure* totale de la société que de simplement fixer notre regard sur le nombre de scientifiques et d'ingénieurs.

Nous savons, par exemple, que la *variété* d'emplois auxquels est utile une formation technogénique et (ou) scientifique grandit à mesure que la société se transforme du point de vue industriel et technologique. Nous pouvons soupçonner, par conséquent, que l'application d'une définition trop étroite de «génie» peut facilement conduire à se demander si nous ne formons pas trop de gens en vue de *ces* emplois. C'est une question qui ferait apparaître non pas de réels problèmes, mais de pseudo-problèmes suscités par la façon dont elle est posée.

D'autre part, il existe peut-être, en un sens, des problèmes. Le maintien du presque plein emploi est aujourd'hui reconnu comme une responsabilité ou un objectif de la politique économique nationale. On peut s'attendre à ce que celle-ci s'applique dans le secteur du très instruit aussi bien que de celui du non-qualifié. Comprendons-nous assez comment fonctionne ou fonctionnera dans l'avenir la société technologique pour affirmer comment ou par quelles mesures une société réalise l'utilisation optimum de ses citoyens instruits ou même pour dire s'il existe ou non un problème? Sommes-nous en train d'instruire les gens à un taux supérieur aux possibilités d'absorption de l'économie? Nous savons qu'il existe des problèmes de désaccord ici et là, mais il y a lieu de noter que sur le plan général, soit celui sur lequel s'inscrit la présente étude, même la croissance projetée ne portera le niveau d'instruction de la population active du Canada après une décennie qu'au niveau à peu près où en est *actuellement* celle des États-Unis. A l'heure actuelle, ce n'est pas dans le secteur instruit que les États-Unis semblent éprouver des problèmes d'emploi.

L'hypothèse fondamentale du paragraphe précédent est celle-ci: l'instruction sert les objectifs économiques de la société; les gens instruits produisent davantage et la société a donc intérêt à les employer de façon à profiter de ses investissements éducatifs. D'un autre point de vue, cependant, on peut soutenir que l'instruction plus poussée n'est pas tant un besoin de la société qu'une consommation par l'individu de quelque chose dont il tire une satisfaction personnelle. Si, même à ce compte, la première hypothèse vaut encore, la société qui prise les aspirations des gens cherchera à tirer partie de la production des universités comme d'un bien inattendu; la société qui accorde moins de priorité aux aspirations des gens s'emploiera à accorder les disponibilités à la croissance économique qu'elle attend en agissant sur les disponibilités; dans l'un ou l'autre cas, un excédent de diplômés par rapport aux emplois disponibles sera considéré comme un gaspillage (tant de production possible perdue, sans compter le coût social). Si, d'autre part, la première hypothèse est considérée comme fausse ou juste seulement dans une certaine mesure et dans des secteurs déterminés, la société ne s'estimera pas tenue de viser à l'utilisation optimum de la production universitaire au-delà des besoins qu'elle se reconnaît; le coût d'un excédent sera considéré comme revenant aux individus à titre de dépense de consommation privée ou à la société comme fardeau assimilable au bien-être social. Selon un troisième

point de vue, celui de l'extrême optimiste, il y aura peut-être pénurie de main-d'œuvre de haut échelon, mais rarement excédent parce que les gens tendent à créer leur propre emploi.

Ces diverses vues philosophiques reposent, comme la partie submergée d'un iceberg, sous les hypothèses et la procédure retenues pour établir les projections; les résonances différentes qu'elles ont dans l'esprit des gens susciteront des réactions diverses aux projections et des interprétations diverses de leur signification pour ce qui est de la politique à adopter.

Étant donné toutes les incertitudes que comporte la projection de la main-d'œuvre—la réaction de la demande sur les disponibilités, les vicissitudes économiques et politiques d'ordre exogène, les diverses vues fondamentales qui peuvent déterminer la politique adoptée—la projection peut prêter le flanc à des critiques du fait qu'elle ne présente qu'une série de chiffres au lieu de deux séries, mettons, fondées sur deux hypothèses extrêmes. Cependant, bien qu'une projection intermédiaire, comme la présente veut l'être, est exposée au danger d'être interprétée comme une prédiction exacte, la présentation de deux limites supérieure et inférieure «raisonnables» ne vaut guère mieux; en effet, le problème est alors de choisir les hypothèses extrêmes de façon que les chiffres présentés aient une certaine vraisemblance logique.

En ce qui concerne la dépense nationale brute, l'*emploi* de cette main-d'œuvre instruite comporte certaines implications économiques. Le fait, cependant, que les scientifiques et les ingénieurs dans la population soit utilement et lucrativement employés ne signifie pas qu'il faille conclure à l'existence d'un vaste «budget des sciences» intégré pas plus qu'on dirait qu'il existe un budget national de l'économie, de la sociologie ni de l'effort des gens de vente. La signification des «Dépenses nationales brutes en R & D» en tant qu'indicateur économique ou social doit s'interpréter de la bonne façon.

Les projections des dépenses brutes en R & D, on le comprendra, sont très sensibles à la proportion de scientifiques et d'ingénieurs considérés comme s'occupant de R & D, ce qui est très sensible également à la *définition* de R & D. Le problème est que la nature du travail technique dans notre société n'a pas été ni ne sera constante. On pourrait soutenir que la diffusion de la science et de la technologie dans la société se traduira dans l'avenir par une plus grande variété d'emplois qui exigent une formation scientifique, si bien que la recherche ne deviendra qu'une activité entre plusieurs et que la main-d'œuvre s'occupant de R & D pourrait diminuer par rapport à l'ensemble. Nous avons plutôt estimé que la science et la technologie ont produit des transformations toujours plus rapides depuis quelques décennies, ce qui fait que l'activité des scientifiques et des ingénieurs s'est de plus en plus orientée vers le changement et s'est de plus en plus définie comme activité de R & D. Cette tendance devrait se continuer durant quelque temps encore. Nous ne nous excusons pas de voir les choses ainsi, mais nous reconnaissons qu'il

faudrait discuter plus longuement que nous ne pouvons le faire ici la question sémantique qui se pose.

L'autre élément important retenu pour établir les dépenses brutes, en plus du nombre de gens employés, c'est le coût par personne, soit, dans le domaine qui nous occupe, le coût par ingénieur ou scientifique employé et le taux d'augmentation du coût, c'est-à-dire le facteur inflation-sophistication. Ici encore, il faut veiller à ne pas attribuer une importance spéciale excessive à cet élément dans le domaine des sciences et du génie. Dans la fabrication, les services et l'industrie primaire, le rapport du capital au travail souvent varie radicalement *parce que cela en vaut la peine* en termes de production par rapport aux ressources mises en œuvre. Comme il est dit dans le document, on manque de données analytiques pour faire la lumière sur ce point, mais il est parfaitement plausible que ce soit là la juste interprétation à donner au «renchérissement de la recherche». (Voir, par exemple, Olaf Helmer, de la société Rand, *Science Journal*, octobre 1967.) Le cas échéant, on pourrait envisager une inflexion du renchérissement, mais probablement pas pour la présente décennie ou la suivante.