

CONFÉRENCE PRONONCÉE AU 11^e COLLOQUE AUGUSTIN-FRIGON
SUR LA PRODUCTIVITÉ

LE DÉFI TECHNOLOGIQUE

Roland (Doré), ing.

Directeur de la recherche

ECOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Rapport technique EP 82-R-6

[1982]

À CONSULTER
SUR PLACE

Le présent article fait d'abord un bref rappel de l'histoire des techniques et montre que de tous temps la technologie a provoqué des changements sociaux et culturels qui ont contribué, de façon générale, au mieux-être de l'humanité. Les caractéristiques technico-économiques du Canada et du Québec sont ensuite exposées brièvement afin de faire ressortir les obstacles qui freinent le développement technologique au Canada. Finalement, certains défis sont proposés aux entreprises, aux universités et aux gouvernements afin de permettre une accélération du développement industriel du pays.

L'HISTOIRE DE LA TECHNOLOGIE

De tous les temps, le développement technologique a été moteur de progrès socio-économiques et culturels. Dans son "Essai de l'origine et les progrès de l'industrie"⁽¹⁾* écrit il y a plus d'un siècle, H. Dufrené affirme:

"Quelles qu'en soient les sources, les plus anciennes traditions ne nous montrent que des peuples déjà civilisés, doués d'un état social nettement déterminé et en possession d'une industrie leur permettant de subvenir sans peine, sinon sans travail, à tous les besoins de la vie".

L'archéologie nous permet actuellement de faire remonter à plus de 3,000,000 d'années l'utilisation des premiers outils de pierre par les hominiens de l'Afrique orientale, outils servant à la transformation des produits de la cueillette de la chasse et de la pêche. L'industrie domestique (chasse, pêche, agriculture primitive) de la préhistoire n'a laissé de trace que dans l'archéologie (tableau 1).

* Les numéros entre parenthèses () réfèrent à la bibliographie à la fin du texte.

TABLEAU 1 - TECHNIQUES PRÉHISTORIQUES(²)

- DOMESTIQUES
 - Armes et outils de pierre
 - Outils en os
 - Outils de récolte
 - Poterie et céramique
- MÉTALLURGIQUES
 - Cuivre
 - Bronze et laiton
 - Fer

TABLEAU 2 - ÉVOLUTION DES TECHNIQUES HISTORIQUES(²)

ÉPOQUE	INNOVATION
-3,500	Bronze
-3,000	Tour de potier (Grèce)
-2,700	Fer (Égypte)
-1,700	Verre (Égypte)
- 600	Fours métallurgiques à cheminée
- 300	Feutre et papier (Asie)
- 100	Rabot, fraise, vilbrequin
100	Poudre pour les feux d'artifices (Chine)
200	Savon
500	Moulage des céramiques (Mexique)
600	Soudure (Andes)
1,100	Métiers à pédale (Chine)
1,285	Lunettes
1,320	Horloge à poids
1,434	Imprimerie
1,672	Générateur électrique
1,776	Chemin de fer
1,803	Bateau à vapeur
1,876	Téléphone
1,880	Automobile
1,903	Avion
1,934	Télévision
1,940	Radar
1,948	Transistor
1,964	Circuits intégrés
1,971	Microprocesseurs

Le 6ième millénaire avant notre ère vit le développement de la métallurgie. Jusqu'à cette époque, les outils et les armes étaient fabriqués de pierres éclatées, de bois et d'os⁽²⁾. La métallurgie a provoqué le commerce et la guerre. La découverte de ses secrets domine toute l'histoire de la haute antiquité. Son importance est capitale; aucune autre découverte moderne ne peut lui être comparée si ce n'est, peut-être, celle du harnachement de l'énergie contenue dans la matière. L'on ne peut que s'émerveiller de l'ingéniosité de ces anciens qui ont imaginé les moyens de tirer un métal d'une pierre, ont développé la technologie qui consiste à choisir un minerai, à construire un four, à ajouter des fondants et à créer le charbon de bois nécessaire à la réduction. Il a fallu imaginer des amalgames de cuivre et d'étain pour produire le bronze et enfin concevoir la forge à chaud afin de transformer le métal en un matériau utilisable.

Puis apparurent, en Égypte, le fer, le verre, les métiers à tisser, la brique émaillée, etc.. La civilisation grecque nous apporta les fours métallurgiques à cheminée, la fusion du bronze en moule à cire perdue, les premiers appareils de levage, la vis et la poulie. L'empire romain favorisa l'adoption du soufflet pour les fours métallurgiques et la diffusion du savon et de la charrue à roue et nous apporta le verre translucide, le pressoir à vis et une multitude d'outils tels le rabot, la vrille, la fraise, le vilebrequin et la lime.

Entre-temps, le feutre et le papier étaient déjà apparus en Asie au 3ième siècle avant notre ère. Puis vinrent les techniques de l'alliage or-cuivre et du soudage dans les Andes (7ième siècle) et l'utilisation des alliages binaires en Colombie (10ième siècle). Le Moyen-Âge vit l'apparition de plusieurs types de moulins et de métiers à tisser, des premières horloges mécaniques à poids et de diverses machines mues par la force hydraulique. La Renaissance nous donna, entre autres, l'imprimerie, plusieurs produits chimiques, le métier à tricoter et le principe du tréfilage hydraulique du fer.

La révolution industrielle amorcée en Angleterre à la fin du 18ième siècle balaya l'Europe et l'Amérique au 19ième siècle. Cette révolution changea complètement les sociétés de l'époque et créa de nouveaux modèles culturels (tableau 2).

LA TECHNOLOGIE ET LE CHANGEMENT

Dans "Technology and Change"⁽⁵⁾, on souligne que pour une première fois peut-être dans l'histoire de l'humanité, les scientifiques contribuèrent massivement à l'effort de guerre durant la période 1939-1945 et générèrent, entre autres, le radar, l'avion à jet, la fusée à longue portée, le plasma sanguin, la pénicilline et la bombe atomique. L'après-guerre fit prendre conscience aux différents intervenants du développement économique de l'importance de la recherche-développement. Les gouvernements et les grandes corporations investirent massivement en recherche. Les pays de l'ouest connurent un développement technologique et un essor économique sans précédent. La recherche médicale fut favorisée et les deux grandes puissances, la Russie et les États-Unis se lancèrent dans un programme spatial d'envergure. Les effets de ces efforts particuliers marquent encore profondément notre mode de vie actuel de même que l'équilibre politique et économique mondial. L'évolution de la médecine, l'avènement de la micro-électronique et de la robotique et la conquête de la lune sont quelques exemples frappants qui montrent une transformation accélérée.

Cette transformation s'est accompagnée d'une plus grande conscientisation de la population quant aux avantages et aux dangers de la science et de la technologie. Deux camps se sont formés, les pro et les anti. Les problèmes ont été identifiés, les arguments élaborés et la lutte s'est engagée. Comme exemple, il suffit de mentionner la

polémique sur l'utilisation de la filière énergétique nucléaire, polémique qui s'est engagée un peu partout dans le monde mais particulièrement aux États-Unis, au Québec et maintenant en France et en Allemagne fédérale.

Les inquiétudes face à la technologie sont de trois ordres:

- les problèmes urgents associés à la qualité de l'environnement (air, eau, radiation, changements climatiques), à l'extinction d'espèces, à la santé et sécurité au travail, à la mauvaise utilisation des ordinateurs, etc.;
- l'identification de la source des problèmes urgents et la sensibilisation des responsables des changements technologiques: politiciens, hommes de science et ingénieurs, hommes d'affaires;
- les problèmes d'éthique: les hommes contrôlent-ils la technologie? La technologie sert-elle l'humanité ou est-ce plutôt l'inverse? Quelles influences la technologie a-t-elle sur le développement de l'humanité, sur nos schèmes de pensée et de vie?

Jacques Ellul⁽⁵⁾ affirme que la société technique, incompatible selon lui avec la notion de civilisation réelle, domine déjà l'humanité. Lewis Mumford⁽⁵⁾, pour sa part, pense que le système méga-technique est la source de tous nos problèmes et que ce système se fixe comme objectif le contrôle de toutes les composantes de l'activité de l'homme. Certains y voient donc le grand complot menant à l'apocalypse, d'autres, par contre, la voie toute indiquée vers un atoll enchanté. L'avenir se situera entre ces deux pôles extrêmes.

L'histoire nous enseigne que la technologie est source de changements culturels. Il y a 7000 ans, avec la civilisation de l'irrigation⁽⁵⁾, l'humanité connut sa première grande révolution. D'abord la Mésopotamie, puis l'Égypte, l'Inde et la Chine virent se répandre l'agriculture qui n'apporta pas seulement des innovations technologiques, tels les outils et les procédés de culture mais, aussi de profonds changements sociaux et de nouvelles institutions politiques.

La production massive de biens alimentaires permit le regroupement des populations dans des cités. Ce regroupement entraîna la mise sur pied de gouvernements hiérarchisés, de bureaucraties et de systèmes organisés et spécialisés de défense. Il modifia aussi nos conceptions du citoyen, rendit nécessaire l'existence d'une loi, civile et criminelle et aboutit à une différenciation des classes sociales. Les cités virent progressivement naître la spécialisation du travail et la création des différents métiers et professions.

De même, l'invention de l'horloge mécanique à la fin du Moyen-Âge eut des effets considérables sur les comportements culturels⁽⁹⁾. Cette mesure précise du temps, indépendante de l'ensoleillement, permit d'envisager des heures de même longueur d'une saison à l'autre, créa la notion de ponctualité et institua l'habitude du travail à heure fixe. Elle influença les philosophes de l'époque, tels Kepler et Boyle en leur suggérant le concept de régularité de l'univers.

Quant à la grande révolution industrielle des 18^{ième} et 19^{ième} siècles, elle modifia l'allure des sociétés européennes et américaines en générant des patrons culturels complètement nouveaux.

L'avènement de la société post-industrielle, accompagnée d'un accroissement exponentiel d'innovations technologiques, entraînera sans doute des changements sociaux et politiques aussi profonds et radicaux

que ceux mentionnés précédemment. La connaissance remplace peu à peu le capital comme élément essentiel au développement des entreprises; la rapidité des communications (idées, transport) altère le concept même du temps et réduit la dimension relative du globe, faisant naître le besoin de concertations à l'échelle mondiale (rencontre de Cancun, dialogues Nord-Sud aussi bien qu'Est-Ouest) et créant le besoin d'une forme de gouvernement mondial (O.N.U.); l'informatique et la télématique mises au service des organisations privées et gouvernementales remettent en cause la notion conventionnelle de vie privée⁽¹⁰⁾.

Les changements culturels provoqués par la technologie sont-ils nécessaires à l'évolution de l'homme? Constituent-ils un stimulant nécessaire à un comportement plus intelligent? Ou bien la course effrénée aux innovations technologiques est-elle hors de notre contrôle et nous mène-t-elle irrémédiablement à la catastrophe et à l'autodestruction? La prise de conscience actuelle de l'humanité est nécessaire à la recherche de solutions optimales pour lesquelles la fonction à optimiser est centrée sur l'homme et sur la vie et non pas sur la machine et sur le capital. L'avenir nous dira si l'homme possède la sagesse nécessaire à la recherche de telles solutions, si l'homme et son milieu naturel peuvent s'adapter à une transformation aussi accélérée.

CARACTÉRISTIQUES TECHNICO-ÉCONOMIQUES DU QUÉBEC ET DU CANADA

L'économie du Canada est basée sur une forte exploitation des ressources naturelles et se caractérise par une industrie secondaire plutôt anémique. La Revue économique de la Banque nationale du Canada résume bien cette situation⁽¹¹⁾:

"Son vaste potentiel énergétique et minier, de même que son excédent de production alimentaire et ses autres ressources naturelles importantes, sont autant d'atouts sur lesquels il peut compter. Mais pour un pays arrivé à un stade de développement avancé, ne compter que sur la seule exploitation de ses ressources naturelles comporte certains risques. En effet, il est probable que la croissance des revenus provenant de l'exportation de nos matières premières et de nos produits semi-finis ralentisse dans l'avenir, sous l'effet d'une concurrence mondiale grandissante ou d'un rythme d'exploitation limité par des contraintes de disponibilité, de rentabilité et d'ordre écologique. Dans ce cas, il pourrait devenir plus difficile de compenser le déficit de nos échanges de produits finis, déficit qui ira en s'élargissant avec notre développement économique et le raffinement de nos aspirations collectives".

Le déséquilibre du secteur secondaire (à l'exception du secteur de la production alimentaire) ressort de façon marquée du graphique de la figure 1. Pour l'année 1980, le déficit de l'échange des produits finis s'établit à 18 milliards de dollars alors même que le surplus commercial frise les 6 milliards de dollars.

Quant à la nature de sa balance commerciale, le Canada possède de toutes les caractéristiques d'un pays en voie de développement. Ces caractéristiques sont très bien illustrées à la figure 2, où est montrée la relation entre le pourcentage de production de produits finis et le niveau de consommation de plusieurs pays. Bien que son secteur secondaire soit très faible, le niveau de vie des canadiens se compare avantageusement à celui des États-Unis, du Japon et de la Suède. Le Canada vit donc littéralement sur les réserves de son sous-sol. Ces réserves ne sont pas inépuisables. À plus ou moins court terme, le Canada et le Québec se doivent de déployer toutes les énergies nécessaires pour développer leur secteur secondaire afin d'augmenter leur richesse collective, non plus seulement en exploitant leurs ressources

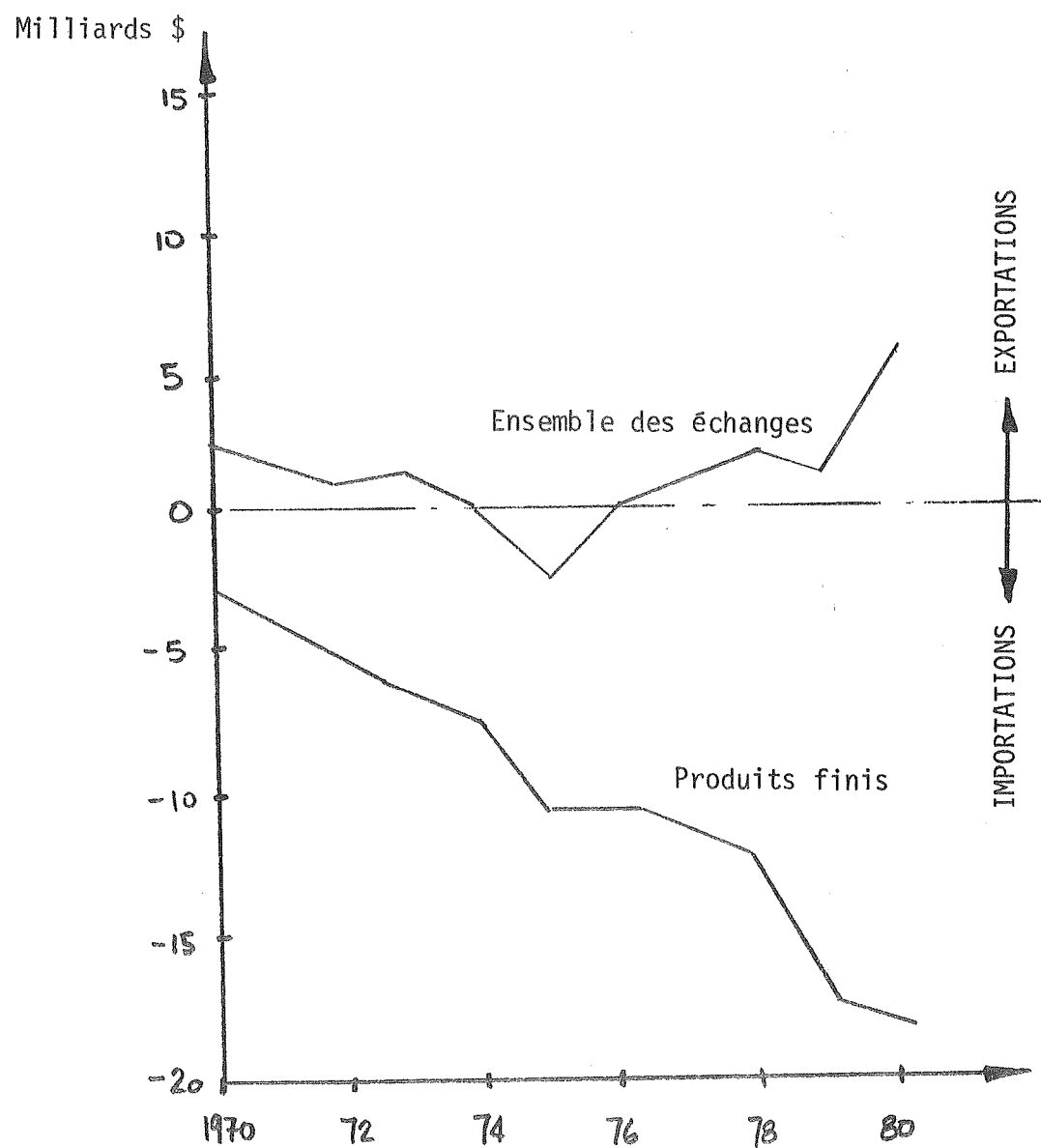


Figure 1 - Balance commerciale du Canada(¹³)

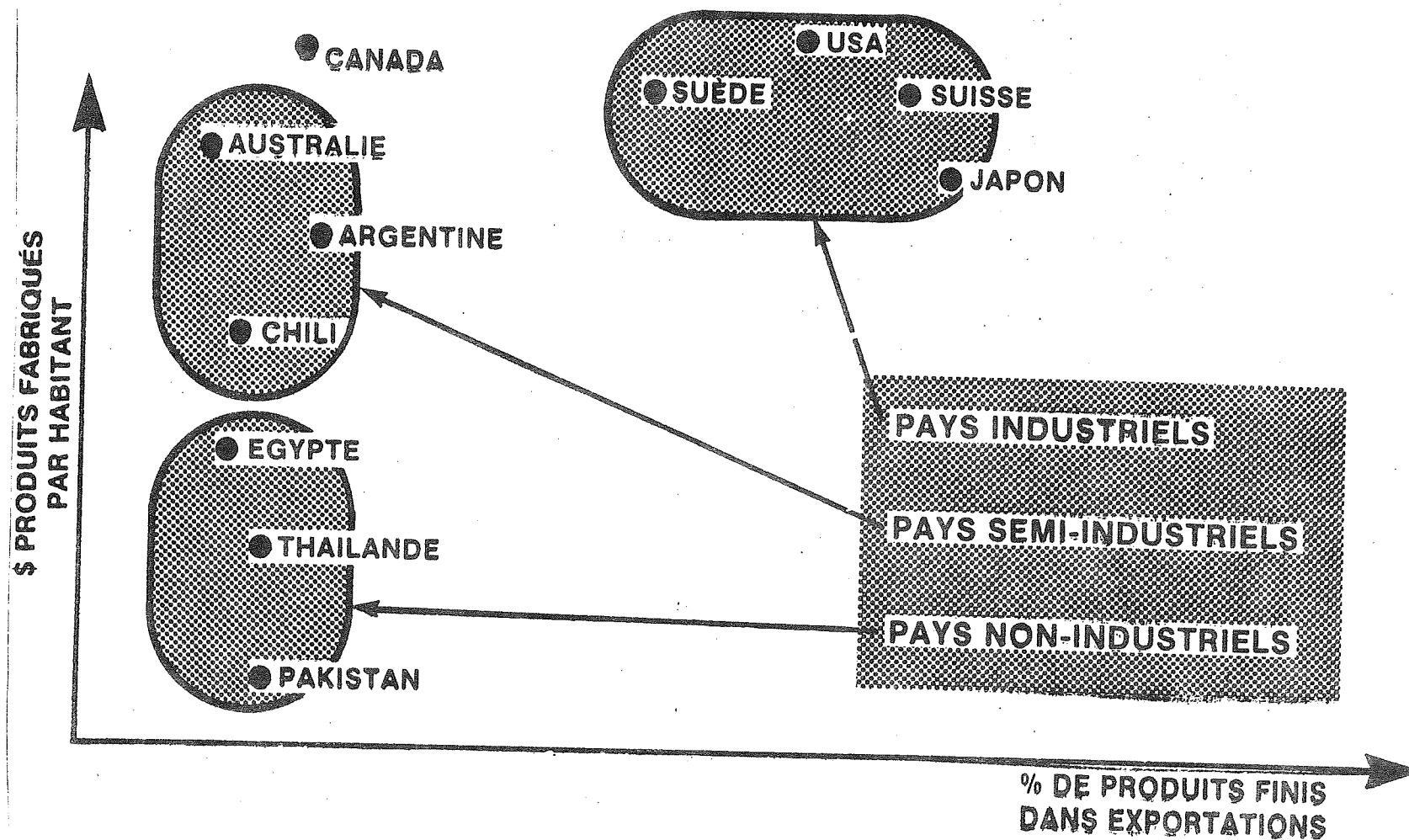


Figure 2 - Comparaison du degré d'industrialisation de divers pays

naturelles, mais en misant davantage sur la mise en place d'une infrastructure industrielle et sur l'exploitation accrue du réservoir du savoir et de la capacité d'innovation des canadiens. Le développement des secteurs de pointe, tel celui des télécommunications, dépend beaucoup plus du savoir que du capital⁽⁴⁾. La société post-industrielle verra d'ailleurs la connaissance remplacer le capital comme principal indice de vitalité économique.

W.H. Gauvin, dans son excellente étude sur la contribution de la R & D au progrès économique⁽⁶⁾, traite de la répartition des allocations de R & D parmi les divers intervenants de ce secteur d'activités.

Le tableau 3 montre une telle répartition pour plusieurs pays dont le Canada. L'examen de ce tableau indique qu'au Canada le secteur industriel ne contribue que très peu à l'activité de R & D, tandis que le pourcentage de l'effort consenti par le gouvernement fédéral et les universités est bien supérieur à celui de ces mêmes intervenants dans la plupart des autres pays. Le gouvernement fédéral est alors justifié d'exiger que le secteur industriel augmente sa contribution afin que les dépenses en R & D passent de 0.9% du PNB à 15% du PNB d'ici 1985. Comme le souligne Joël de Rosnay⁽¹²⁾, la production industrielle doit s'alimenter au bassin du savoir par une activité relativement intense de R & D.

TABLEAU 3 - RESSOURCES INJECTÉES EN R & D EN 1977 (EN %)

	CANADA	FRANCE	ALLEMAGNE	JAPON	SUÈDE	U.S.A.
DÉPENSES (% du PNB)	0.9	1.8	2.1	1.9	1.9	2.4
SOURCES DE REVENUS						
• industries	31.5	41.1	52.8	58.5	59.3	43.9
• gouvernements	45.7	37.7	2.9	16.2	25.6	51.0
• universités	17.4	5.8	—	13.3	12.6	?
• autres	5.4	15.4	44.2	0.1	1.6	?
SECTEURS D'ACTIVITÉS						
• industries	37.3	60.3	65.0	57.8	71.0	66.8
• gouvernements	30.3	22.8	16.1	12.1	6.6	15.3
• universités	31.7	15.5	18.6	27.7	20.5	14.7
• autres	0.6	1.4	0.4	2.4	0	3.2

DÉFIS À RELEVER

Les intervenants dans le développement technologique se doivent de déployer des efforts accrus afin de renforcer la position de l'industrie canadienne tant sur le marché intérieur que sur les marchés extérieurs. D'après le Conseil des sciences du Canada⁽¹³⁾ notre commerce international souffre de faiblesses qui pourraient aggraver encore davantage le déficit de la balance commerciale des produits finis. Ces faiblesses sont de quatre types: le faible volume des séries de production, la concurrence internationale sur le plan technique, les échanges interfiliales entre les compagnies multinationales et leurs filiales canadiennes et finalement, un effort nettement insuffisant de recherche et développement.

Non seulement le Canada doit-il davantage faire appel à l'innovation, mais il doit s'assurer que la mise en marché des produits qui découlent de ces innovations se fasse directement du Canada. Les grandes industries canadiennes, quelles soient autonomes ou quelles soient filiales de compagnies multinationales, doivent être plus nationalistes dans leurs opérations en complétant toutes les phases de recherche, de développement, de fabrication, de mise en marché et de distribution d'un produit à partir d'une base canadienne. Qu'il suffise de mentionner le succès de compagnies telles Canadair (avion Challenger), Pratt & Whitney (turbines à gaz), Laser (voilier), Bombardier (motoneige, véhicules de transport en commun) qui toutes ont basé leur croissance sur la philosophie d'une opération complètement canadienne. Il est déplorable que de grandes découvertes telles celles du téléphone, de l'insuline et du plastique photodégradable aient été faites au Canada et exploitées ailleurs. Les canadiens sont inventifs mais font preuve de peu d'entrepreneurship. À titre d'exemple, mentionnons celui de l'Énergie atomique du Canada Limitée et de sa filière CANDU.

Depuis plusieurs années, cette filière se révèle être la plus efficace et la plus sécuritaire de toutes les filières disponibles dans le monde, cependant que les efforts déployés par le Canada pour la commercialiser ont été des plus timides.

La technologie est tout aussi primordiale pour la survie et la croissance de la petite et moyenne entreprise, qu'il s'agisse des industries de pointe ou des secteurs plus traditionnels pour lesquels l'amélioration des méthodes de fabrication s'impose. Qu'il suffise de signaler l'efficacité surprenante de l'industrie coréenne de fabrication de chaussures sportives où la production d'une chaussure est dix fois plus rapide que celle qui existe dans une industrie québécoise comparable. Les PME se doivent donc d'investir dans les développements technologiques tant pour générer des nouveaux produits que pour améliorer les méthodes de production. Ces investissements doivent cependant être à la mesure des capacités financières de l'entreprise. Il faut souvent investir dans la mise sur pied d'une ligne de production, dans l'élaboration de moyens de mise en marché et de distribution cinq à dix fois plus de capitaux que ceux qui ont été nécessaires au développement d'un produit. Plus d'une entreprise s'est vue contrainte de cesser ses opérations pour avoir entrepris des programmes de R & D trop audacieux. Les PME peuvent certes avoir recours aux différents programmes gouvernementaux d'appui à la R & D, mais elles doivent demeurer conscientes des ressources financières nécessaires pour pousser éventuellement le produit jusqu'à la commercialisation.

L'aide gouvernementale à la R & D doit être poursuivie tant au niveau canadien que québécois. Celle-ci devrait encourager davantage la recherche industrielle et la recherche faite par des équipes mixtes industrie-université ou industrie-agence gouvernementale. De plus, des avantages fiscaux accrus devraient être consentis aux compagnies qui s'adonnent à des activités de R & D en vue de générer des

produits ou des procédés typiquement canadiens dont la réalisation et la mise en marché se feront d'une base canadienne. Enfin, l'accès aux programmes gouvernementaux d'appui à la R & D devrait être facilité par une réduction des exigences bureaucratiques qui leur sont généralement rattachées.

Halty-Carrere⁽³⁾ suggère, pour accroître le développement technologique d'un pays, que les gouvernements règlementent l'importation de technologie, afin de passer d'une situation de dépendance par rapport à la technologie étrangère à une autosuffisance accrue.

De leur côté, les facultés et écoles de sciences appliquées doivent prendre conscience qu'elles sont partie intégrante du système productif du pays, tant par leur mission de formation d'un personnel scientifique qualifié que par celle d'augmenter le bagage des connaissances pratiques. Dans la poursuite de ces deux missions, elles doivent être davantage à l'écoute des besoins actuels du secteur industriel tout en s'efforçant de mieux prévoir les vecteurs de changements qui modèleront les besoins futurs.

Pourrons-nous relever tous ces défis? C'est pourtant là la voie toute indiquée qui mène à une augmentation de la productivité nationale, donc à un accroissement de notre richesse nationale.

RÉFÉRENCES

- (1) Dufrené, H., Essai sur l'origine et les progrès de l'industrie, Etudes sur l'exposition de 1978, E. Lacroix éditeur, Paris.
- (2) Gille, B. (éditeur), Histoire des techniques, Encyclopédie de la pléiade, Paris 1978.
- (3) Halty-Carrere, M., Technological Development Strategies for Developing Countries, Institut de recherches politiques, Montréal, 1979.
- (4) Serafini, S. et Andrieu, M., La révolution de l'information et sa signification pour le Canada, Ministère des Communications, Canada, 1980.
- (5) Burke J.G. et Eakin M.C. (éditeurs), Technology and Change, Boyd & Fraser Publishing Co., San Francisco, 1979.
- (6) Gauvin, W.H., Contributions of Research and Development to Economic Growth, Centre de recherche Noranda, Québec, 1980.
- (7) Doré, R., L'ingénieur et la recherche-développement, L'ingénieur, décembre 1981.
- (8) Toffler, A., Le choc du futur, Editions Denoël, Paris 1971.
- (9) Cajolla, C.M. Clock and Culture, 1300-1700, W. Collins Sons & Co. London, 1967.
- (10) Terrault, C., Télématicque: Enfer ou Eden, Communication lors de la 2ième Conférence Augustin-Frigon, Ecole Polytechnique de Montréal, 1981.
- (11) La technologie et l'économie canadienne, Revue économique, vol. 2, no 3, Banque nationale du Canada, mai 1981.
- (12) De Rosnay, Joël, Le macroscopie: vers une vision globale, Éditions du Seuil, Paris, 1975.
- (13) L'industrie dans une conjoncture difficile, Conseil des Sciences du Canada, novembre 1981.

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL



3 9334 00289166 9