

La technologie et la croissance économique : survol de la littérature

Petr Hanel

Professeur

Département d'économie, Université de Sherbrooke

et

Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie

et

Jorge Niosi

Professeur

Département de sciences administratives, UQAM

et

Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie

Traduction de l'anglais

Avril 1998

PROJET DE SYSTÈME D'INFORMATION POUR LES SCIENCES ET LA TECHNOLOGIE

L'objectif de ce projet est de développer des indicateurs d'activités utiles réunis ensemble dans un cadre conceptuel permettant de dresser un portrait cohérent de la science et de la technologie au Canada.

Pour l'atteinte de cet objectif, des mesures statistiques sont développées pour cinq domaines-clé: les systèmes d'innovation, l'innovation, les activités S-T gouvernementales, l'industrie et les ressources humaines, incluant l'emploi et l'éducation supérieure. Le travail est effectué à Statistique Canada, en collaboration avec Industrie Canada et un réseau de sous-traitants.

Avant l'avènement de ce projet, le programme de mesure des activités en S-T était limité à l'investissement monétaire et en ressources humaines pour la recherche et le développement (R-D). Ces mesures étaient complétées par les activités scientifiques connexes (ASC) des gouvernements tels les enquêtes et les tests routiniers. Ces mesures proposaient une vision limitée et potentiellement erronée de la science et de la technologie au Canada. Cette vision devait être complétée par d'autres mesures.

L'innovation rend les firmes compétitives. D'autres travaux devront être fait pour comprendre les caractéristiques des firmes qui sont, ou ne sont pas, innovatrices, plus particulièrement dans le secteur des services puisqu'il domine l'économie canadienne. La capacité d'innover réside dans les personnes. Des mesures sont développées sur les caractéristiques de ces personnes dans les industries qui sont chef de file des activités scientifiques et technologiques. Dans ces mêmes industries, des mesures sur la création et la perte d'emploi sont entreprises pour comprendre en partie les impacts du changement technologique.

Le gouvernement fédéral est l'acteur principal en science et technologie par son investissement de plus de cinq milliards de dollars chaque année. Antérieurement, il était possible de déterminer combien le gouvernement fédéral dépense et où il le fait. Le rapport, "Activités scientifiques fédérales" (Catalogue 88-204), publié en 1997, montre les objectifs socio-économiques des dépenses en S-T. En plus de fournir les bases d'un débat public sur les priorités de dépenses du Gouvernement, toute cette information servira à mettre en contexte les rapports des différents ministères et agences sur les indicateurs de performance ciblés en fonction des résultats au niveau de chacun des projets.

À la fin du Projet en 1998-99, il y aura suffisamment d'information en place pour décrire le Système canadien d'innovation et montrer le rôle qu'y joue le gouvernement fédéral. De plus, seront en place de nouveaux indicateurs qui fourniront un portrait plus complet et réaliste des activités en science et en technologie au Canada.

PERSONNES-RESSOURCES À CONTACTER POUR DE PLUS AMPLES INFORMATIONS

Projet de remaniement des sciences et de la technologie

Directeur Dr. F.D. Gault (613-951-2198)

Projet de système d'information pour les sciences et la technologie

Chef, Développement des indicateurs
Dr. Frances Anderson (613-951-6307)

Chef, Indicateurs des ressources humaines
Michael Bordt (613-951-8585)

Chef, Programme d'intégration des données
Daood Hamdani (613-951-3490)

Agent d'élaboration de projets
Antoine Rose (613-951-9919)

Section des sciences et de la technologie

Chef, secteur privé
Michel Boucher (613-951-7683)

Agent supérieur de projet
Don O'Grady (613-951-9923)

Chef, secteur publique
Bert Plaus (613-951-6347)

Agent supérieur de projet
Janet Thompson (613-951-2580)

Télécopieur: (613-951-9920)

Documents de recherche

Les Documents de recherche publient des travaux relatifs aux questions liées à la science et la technologie. Tous les documents sont sujets à un contrôle interne. Les opinions exprimées dans les articles sont celles des auteurs et ne sont pas nécessairement partagées par Statistique Canada.

Introduction

Dans le monde contemporain, nations et entreprises consacrent de plus en plus de ressources à la recherche et au développement (R et D). Si elles diffèrent par leur nature, ces activités contribuent toutes deux à faire progresser la technique. Leur première conséquence est de produire un ensemble de biens intangibles, soit des connaissances de l'expertise et de nouveaux concepts pour les marchandises et l'équipement, qui se concrétisent habituellement sous la forme de produits nouveaux ou améliorés ainsi que de meilleures techniques applicables aux processus. Le **développement de procédés** suppose la création et l'adoption d'une nouvelle technologie, généralement intégrée à de nouvelles ou meilleures immobilisations utilisées pour la production. Les technologies de ce genre accroissent la productivité des entreprises, des industries et de l'économie prise globalement. Par conséquent, les entreprises investissent dans la technologie des procédés afin de se livrer concurrence au niveau des prix. Le **développement de produits** suppose la fabrication de nouvelles ou de meilleures marchandises; les sociétés investissent dans cette activité pour réaliser des avantages concurrentiels, notamment proposer des produits exclusifs ou de qualité supérieure. Une fois en place, les nouveaux procédés et produits ont tendance à se **diffuser** à d'autres entreprises; la technologie est un « bien public », ne serait-ce qu'en partie : elle ne suscite pas de rivalité (plusieurs utilisateurs peuvent s'en servir simultanément) et elle n'entraîne l'exclusion qu'en partie (son propriétaire ne peut empêcher autrui de l'utiliser que dans une certaine mesure). L'inventeur ne garde donc la maîtrise de son invention qu'un certain nombre d'années. S'ensuivent alors des **retombées sociales** qui justifient le financement de la R et D par le gouvernement. Ces retombées sociales comprennent une réduction des prix à la consommation, l'apparition de concepts nouveaux et améliorés que peut exploiter la concurrence et un relèvement général du niveau de vie.

Malgré cela, il ne faut pas s'attendre à une forte corrélation entre les dépenses relatives à la nouvelle technologie (peu importe les méthodes de quantification utilisées) et l'accroissement de la productivité. Il y a plusieurs raisons à ce paradoxe apparent. La première est qu'une part importante des dépenses concernées va à des produits nouveaux et améliorés qui échappent aux mesures classiques de la production. Deuxièmement, le système des comptes nationaux ne permet pas de tenir compte d'une modification de la qualité, qui est fréquemment le résultat de la R et D. En troisième lieu, certains fonds qu'une industrie (ou un pays) investit dans la technologie se traduisent par des gains de productivité ailleurs, à cause des retombées entre secteurs et entre pays. Quatrièmement, des décalages dans le temps compliquent la quantification des gains de productivité : les nouvelles technologies doivent concurrencer les immobilisations existantes, qui intègrent des concepts plus anciens; il faut parfois plusieurs décennies pour que nouveaux produits et procédés soient diffusés et qu'on saisisse toutes les répercussions de la nouvelle technologie deviennent évidentes.

Le bref survol non technique que voici a pour but de passer en revue la somme des écrits sur ce que la nouvelle technologie apporte à la croissance économique, écrits dont le nombre s'accroît rapidement. Nous commencerons par un point de vue macro-économique avant d'examiner comment la nouvelle technologie contribue à la performance économique des industries et des entreprises. Le texte insiste sur la façon de relier les constatations empiriques à la théorie et aux hypothèses sous-jacentes.

1. Sources de la croissance macro-économique

Entre 1870 et 1979, la production par personne-heure a augmenté d'un facteur de 11 au Canada. Ce ratio est légèrement inférieur à celui des États-Unis et dépasse celui du Royaume-Uni, mais est nettement sous celui du Japon. Quels sont les principaux déterminants de cette croissance?

La capacité de production d'une économie dépend des ressources disponibles et de la manière dont on utilise ces dernières. Les économistes recourent au concept de la fonction de production pour décrire la capacité de production d'une économie à un moment précis dans le temps. Les fonctions économiques se situent néanmoins rarement à la limite de cette capacité. Une affectation imparfaite des ressources, l'inutilisation des facteurs de production, une piètre structure économique et sociale figurent parmi les raisons expliquant pourquoi on n'atteint jamais tout à fait la capacité de production d'une économie, dans la réalité. L'écart entre le produit potentiel et le produit réel d'une économie dépend du rendement économique et de l'organisation sociale. La frontière marquant la production réalisable dépend elle-même des technologies disponibles et de celles que maîtrisent les entreprises et les institutions du pays concerné.

La taille de l'économie croît avec la quantité d'entrées (travailleurs, machines, matériaux, énergie, etc.) utilisés pour la production. La croissance démographique limite habituellement le taux de croissance de la main-d'œuvre. Puisque l'investissement dans les immobilisations (machines, équipement de production, bâtiments, etc.) dépend de l'épargne, la croissance du capital est restreinte par le désir que la population a de consommer plus tard et d'économiser maintenant. Si la transformation des entrées en sorties ne changeait pas, bref s'il n'y avait pas de progrès technologique, on assisterait donc obligatoirement à un arrêt de la croissance économique en termes de PIB par habitant, à la limite établie par la démographie et la volonté d'épargner.

De fait, une bonne partie de l'amélioration du niveau de vie, jaugée au moyen du PIB par habitant, dérive des améliorations de la productivité. La productivité sert de lien entre les sorties et les entrées utilisées pour la production et mesure l'efficacité de l'économie. L'indicateur le plus courant demeure la productivité de la main-d'œuvre, c'est-à-dire la valeur ajoutée par heure de travail ou par personne occupée. Il ne s'agit toutefois que d'une mesure partielle de la productivité, car son importance et son évolution dans le temps reposent sur d'autres facteurs de production, en particulier la quantité de capital investi dans la production. En effet, le rendement de la main-d'œuvre augmente à mesure que des machines et de l'équipement remplacent cette dernière. Une meilleure mesure que la productivité de travail est ce que les économistes appellent la productivité totale des facteurs. Il s'agit du rapport entre un indice de la production et l'indice composé des entrées servant à cette production.

Puisqu'une économie n'atteint presque jamais la limite de ses possibilités de production, une variation observée de la productivité est en fait une combinaison d'un changement du rendement économique et d'une expansion des possibilités de production, c'est à dire d'un changement de la technologie.

Pour l'illustrer, le tableau 1.1 montre de quelle façon l'économie canadienne a grossi au siècle dernier.

Tableau 1.1
Grandes périodes de productivité au Canada
(pourcentage annuel moyen)

	1891-1910	1910-1926	1926-1956	1961-1973	1973-1981	1981-1988
Croissance						
Production	3,38	2,46	3,89	5,9	3,6	3,6
Main-d'oeuvre	2,31	1,25	0,77	1,9	2,1	1,8
Capital	3,82	1,47	2,86	5,0	5,3	3,2
Productivité du travail	1,07	1,21	3,12	4,0	1,5	1,8
Apport de :						
Main-d'oeuvre	1,82	0,98	0,58			
Capital	0,81	0,31	0,61			
Croissance PTF	0,75	1,16	2,70	2,8	0,2	1,3

Source : Lithwick, 1971 présenté sous forme de tableau 2 dans Thomas J. Courchene et Douglas. D. Purvis, (sous la dir. de), (1993) Productivity, Growth and Canada's International Competitiveness. Les données de 1961-1988 pour le secteur commercial de l'économie canadienne viennent de Andrew Sharpe, Measurement Problems and Productivity Growth in the Canadian Economy, document présenté à l'assemblée annuelle de la Société canadienne de science économique, Gray Rocks Inn, Québec, 17-19 mai 1990

Lorsqu'on examine le tableau, on constate qu'au cours de la première période, qui correspond à la fin du siècle précédent, le taux de croissance de la production (3,4 % par année) résultait dans une large mesure d'un accroissement rapide de la main-d'œuvre (2,31 % par année) et du capital (3,82 % par année). Le rendement de la main-d'œuvre progresse de 1,07 % par année et, lorsqu'on tient compte de la hausse du capital, la productivité totale des facteurs n'augmente que de 0,75 % par année. Durant cette période, la croissance s'expliquait donc principalement par un accroissement de la main-d'œuvre et du capital; le relèvement de la productivité n'était guère important. Inversement, la main-d'œuvre et la PTF ont augmenté beaucoup plus rapidement entre 1961 et 1973, avant de ralentir au début des années 80.

1.1 Explication de la croissance économique

Malgré son importance, le changement technologique n'est pas le seul déterminant de la croissance économique. Les économistes ont admis d'emblée qu'il était important de produire plus efficacement.

Commerce et spécialisation. Dans son ouvrage « The Wealth of Nations », Adam Smith prenait l'exemple d'une usine d'épingles pour montrer comment la division de la main-d'œuvre et la spécialisation qui en résulte améliorent le rendement des travailleurs. Répartir la main-d'œuvre et se spécialiser expliquent les gains réalisés au niveau du commerce, que ces gains viennent des échanges entre deux personnes, entre deux groupes de la même région ou du même pays, voire entre deux pays. Les exemples de croissance économique engendrée par des gains commerciaux abondent : empires hollandais et britanniques, Japon et, plus récemment, Tigres de l'Asie de l'Est.

Rendements décroissants? La théorie proposée par Malthus veut que dans un monde de ressources épuisables, la croissance finira éventuellement par s'arrêter. Avec l'accroissement de la population, la production d'aliments par personne diminue, à moins qu'autre chose ne vienne compenser le recul du rendement agricole. Comme l'histoire l'a montré, cette funeste prédiction était erronée puisque la population et la production d'aliments se sont accrues de façon dramatique. Découvertes et inventions en ont empêché la réalisation.

Effets d'échelle ou de taille. L'accroissement de la population jusqu'à un point de saturation entraîne une meilleure division du travail et réduit les frais généraux de l'infrastructure, des services publics et le reste. À mesure que la population augmente, on économise les ressources afin de produire des biens et des services publics (éducation, santé, réseaux de transport, etc.), ressources dont on peut aussi se servir pour produire des biens et des services privés, donc concourir à la croissance de l'économie.

Apprendre par la pratique et l'utilisation (effet de cause à effet cumulatif). La productivité augmente à mesure que l'expérience et les sorties s'accumulent. En d'autres mots, il existe bel et bien une courbe de l'apprentissage; lorsque l'expérience relative à la production et(ou) la production d'un article donné augmentent, le coût par unité de production diminue (Arrow, K. 1962). La loi de Verdoorn exprime cette constatation de façon empirique en prédisant que la productivité grandit avec le taux d'activité économique. Nicolas Kaldor (1966) a donné une structure formelle à ces idées en les transformant en modèle de croissance à causalité cumulative. En vertu de ce modèle, les régions ou pays qui profitent d'une forte croissance de leur production verront grandir leur avance sur les régions arriérées. Selon le modèle de Kaldor, on ne devrait pas assister à la convergence des pays riches et pauvres. Au contraire, l'écart ira en s'élargissant à cause de facteurs externes comme l'apprentissage sur le tas et les économies de regroupement, d'échelle et de diversification. Pareille prévision contredit celle de la théorie néoclassique de la croissance élaborée par Solow voulant que pays riches et pauvres finissent par se rejoindre.

Investissement. La production des travailleurs augmente quand ceux-ci utilisent plus d'outils et de machines. L'investissement, c'est-à-dire l'accumulation des stocks de capital productif (machines, équipement, bâtiments), est une source de croissance économique appréciable dans les pays industrialisés.

1.2 Modèles de la croissance économique

1.2.1 Le modèle néoclassique. Dans les années 50, Robert Solow (1956) a mis au point un modèle simple dans lequel la production d'un pays résultait de l'exploitation de la main-d'œuvre et du capital dans le cadre d'un procédé de fabrication articulé sur la technologie en usage à ce moment précis dans le temps. On supposait que la croissance de la main-d'œuvre, le taux d'épargne et la technologie constituaient des facteurs qu'il fallait mesurer séparément, **hors** du système économique. Solow a démontré que la production par travailleur s'accroît avec le volume de capital par travailleur. Ce faisant toutefois, le rendement du capital diminue et avec lui la possibilité d'une amélioration du ratio capital/main-d'œuvre. En fin de compte, le ratio capital/main-d'œuvre approche d'une constante et la productivité arrête de croître.

En testant son modèle, Solow a constaté que la majeure partie de la croissance observée aux États-Unis au cours du dernier siècle ne pouvait s'expliquer par une utilisation accrue de la main-d'œuvre et du capital. Il a attribué cet effet « résiduel » inexplicable aux progrès de la technologie. Si on en croit son interprétation, la technologie est un bien gratuit; tout le monde peut y accéder sans frais. Ni la source ni le coût de la technologie ne font partie de l'explication.

1.2.2 Comptabilité de la croissance. Après avoir noté que l'expansion des facteurs classiques ne parvient pas à expliquer la croissance, beaucoup d'économistes se sont efforcés d'atténuer l'effet résiduel de Solow en corrigeant (relevant) la valeur des entrées « main-d'œuvre » et « capital » afin qu'elle intègre l'amélioration du savoir des travailleurs ainsi que les changements attribuables à l'âge et à la qualité des machines et de l'équipement. Peu à peu, d'autres déterminants de la croissance économique s'y sont ajoutés, l'un des principaux étant **l'effet de rattrapage**, c'est-à-dire l'avantage dont jouissent les pays successeurs. Ces pays profitent du fait qu'ils tirent de l'arrière, bref peuvent imiter le chef de file - en l'occurrence les États-Unis - pour une vaste gamme de technologies et ainsi atteindre un taux de croissance donné en investissant moins dans la R et D, grâce à la diffusion de la technologie. Le Japon a bénéficié plus que tout autre pays de cet effet au cours de « l'âge d'or », soit de 1950 à environ 1973. Les changements structurels constituent une autre source de croissance globale. En effet, à mesure que la main-d'œuvre passe des industries et des secteurs peu productifs (agriculture, secteurs de la fabrication dépassés, exigeant une main-d'œuvre abondante) aux industries et aux services à forte valeur ajoutée, on remarque une hausse générale du rendement de l'économie.

Il existe d'autres déterminants moins importants de la croissance, parmi lesquels les retombées du commerce extérieur, les économies d'échelle au niveau national, l'ascension des prix de l'énergie, les répercussions de la découverte de ressources naturelles, la thésaurisation et divers paramètres cycliques (meilleure utilisation de la capacité de production, mobilisation de ressources humaines). Le tableau 1.2 présente un exemple simple de la façon dont on comptabilise la progression et le ralentissement de la productivité de la main-d'œuvre au Canada.

Tableau 1.2
Déterminants de la croissance et ralentissement de la productivité du travail au Canada,
1966-1973 et 1974-1985

	Ralentissement de la croissance					
	Secteur commercial		Secteur manuf.		Commercial	Manuf.
	1966-1973	1974-1985	1966-1973	1974-1985	1966-1973	1974-1985
Tendance de la productivité	43	118	45	70	-1	-9
Effet du commerce extérieur	5	16	17	28	0	-4
Innovation canadienne	4	20	13	21	-5	-5
Prix réel de l'énergie	8	-34	7	-18	32	62
Utilisation de la capacité de production	18	-19	4	8	39	-5
Transfert de capital et de main-d'oeuvre entre industries	8	-13	21	...
Substitution des Facteurs de production	14	17	18	3	12	49
Taux de change réel	-1	-7	-4	-11	2	12
Total	100	100	100	100	100	100

Source : Conseil économique du Canada, *Agir ensemble, Productivité, innovation et commerce*, 1992, Ottawa (tableau 5).

Poussées à l'extrême, ces méthodes de « comptabilisation de la croissance » parviennent à « expliquer » la totalité de l'effet résiduel. Ce faisant néanmoins, on ne contredit pas la conclusion de Solow selon qui le changement technologique serait principalement à l'origine de l'accroissement de la productivité. La comptabilisation de la croissance répartit implicitement ou explicitement l'évolution de la technologie entre les nouvelles connaissances et les avances techniques qui se trouvent intégrées aux plus grandes compétences de la main-d'œuvre ainsi qu'à des machines et à de l'équipement fixe plus efficaces. En somme, nous voici revenus au point de départ : le savoir et la technologie (concepts souvent utilisés indifféremment) demeurent les principales sources de croissance économique dans les modèles de comptabilisation de la croissance. Une des principales difficultés que posent ces modèles est qu'il faut décomposer la croissance en facteurs indépendants, alors que les facteurs en question présentent manifestement plusieurs liens de dépendance. Cette interdépendance est essentielle à une analyse appropriée de la croissance. Le fait qu'un pays doive entreprendre de la R et D pour adopter et adapter la technologie née à l'étranger illustre parfaitement les relations qui existent entre les facteurs de croissance. Ainsi, la majeure partie de la R et D poursuivie au Japon dans les années 60 et 70 avait pour but de faciliter l'absorption de la technologie étrangère.

Retombées cumulatives de la R et D. Kendrick (1981) a été le premier à inclure l'apport des investissements cumulatifs dans la R et D aux déterminants concourant à l'essor économique. Il a également reconnu que l'adoption et l'adaptation de la technologie étrangère peuvent souvent exiger d'un pays qu'il entreprenne de la R et D en vue de développer la capacité d'absorption désirée.

Si l'approche de Solow est profondément ancrée dans la théorie économique néoclassique, la comptabilisation de la croissance est une méthode empirique qui peut échapper aux contraintes d'un modèle théorique particulier. Quand on essaie d'expliquer l'effet résiduel cependant, les résultats obtenus dépendent de quelques hypothèses arbitraires.

1.2.3 Croissance endogène. Selon le modèle de Solow, il devrait y avoir convergence des taux de croissance : la croissance des pays industrialisés devrait ralentir et celle des pays en développement devrait s'accélérer. S'il semble effectivement y avoir convergence dans l'élite des pays très industrialisés, l'écart entre pays industrialisés et bon nombre de pays en développement va s'élargissant. La réalité industrielle d'une intense rivalité technologique contredit l'hypothèse néoclassique voulant que la technologie soit librement et universellement accessible; la technologie est loin d'être un bien public et la mettre au point coûte de plus en plus cher. Bien que les historiens de l'économie et ceux qui étudient le changement technologique au niveau micro-économique (entreprises et industries) aient réussi à donner un éclairage réaliste à l'économie de la création et de la diffusion des progrès technologiques à maints égards, leurs constatations demeurent fragmentaires et descriptives et, jusqu'à tout récemment, n'avaient pas encore été incorporées au corps principal de la théorie économique officielle sur la croissance.

Vers le milieu des années 80, Paul Romer (1986, 1990, 1994) et d'autres ont mis fin au statu quo par une série d'articles. Ainsi que l'indique le nom de leur nouvelle théorie, ces économistes reconnaissent que le changement technologique est endogène, bref constitue un sous-produit de l'activité économique et figure parmi les sources fondamentales de la croissance. Les nouvelles connaissances et les nouvelles technologies (on se sert souvent de l'un ou l'autre concept sans distinction et leur définition manque de précision) résultent de l'investissement dans le capital humain (instruction et formation), dans l'utilisation de personnel spécialisé (personnel de R et D) et dans l'équipement et le matériel. Quoiqu'il puisse intégrer une part de hasard, dans le sens où certaines forces échappant au contrôle du chercheur déterminent ce qu'il advient de sa découverte, le taux de découverte global reste endogène. Dès que plus de chercheurs se mettent à faire des expériences avec des bactéries, il y aura plus de découvertes intéressantes dans ce domaine. Tout en admettant que la quantification soulève des difficultés, l'existence de ces dernières n'infirme pas le caractère économique des activités qui concourent à la création d'un nouveau savoir et d'une nouvelle technologie. Les dépenses en R et D servent à mesurer la valeur des entrées et on peut quantifier l'entrée « main-d'œuvre » d'après le nombre de scientifiques et de techniciens qui poursuivent la R et D. La difficulté consiste à mesurer les sorties de la recherche et du développement. Peu de nouvelles connaissances et technologies étant vendues sur le marché, on ne peut leur attribuer un prix.

Le modèle de la croissance endogène intégrant un mécanisme assez réaliste de la genèse du savoir et de la technologie suppose simplement que la production globale d'une économie ne repose pas uniquement sur la somme des entrées utilisés par les entreprises (main-d'œuvre,

capital humain, capital productif et entrées de la R et D) mais aussi sur l'ensemble des résultats issus des travaux de recherche et de développement entrepris par l'univers des entreprises. On suppose qu'on peut librement accéder aux « retombées » des nouvelles connaissances et techniques (en général, les découvertes scientifiques et l'information sont des biens à l'usage non-exclusif; beaucoup d'utilisateurs peuvent s'en servir simultanément). L'apport de ces retombées explique pourquoi l'économie croît plus rapidement que l'utilisation des sorties le laisse supposer. À l'inverse des études micro-économiques recourant à un modèle similaire depuis les années 60, la théorie de la croissance endogène se préoccupe de la structure formelle des facteurs qui déterminent la croissance à long terme de l'économie prise dans son ensemble.

On a franchi une deuxième grande étape vers une analyse plus proche de la réalité en abandonnant l'hypothèse irréaliste que le savoir et la technologie sont gratuits et universellement disponibles. Les innovations importantes s'assortissent d'un usage exclusif, même s'il n'est que temporaire. Un bien est exclusif si le propriétaire du bien en question peut empêcher d'autres personnes de s'en servir. Brevets et secrets commerciaux constituent les moyens les plus courants d'empêcher autrui d'utiliser le nouveau produit ou procédé, et de faire en sorte que l'inventeur profite des fruits de son invention. Le propriétaire des connaissances ou de la technologie exclusives jouit donc d'un avantage concurrentiel dont il peut tirer parti grâce à des prix plus élevés et profits monopolistiques. On a franchi cette étape vers une réalité de la concurrence en adoptant des modèles de la croissance endogène où les profits monopolistiques incitent à l'innovation. Les fonds qu'on continue d'injecter dans la R et D et le flux d'innovations qui en résulte se traduisent par une amélioration soutenue de la qualité des marchandises; par ailleurs, la hausse de la productivité permet à l'économie de croître à un taux déterminé par le degré d'investissement dans la R et D.

Le fait d'être endogène signifie que le processus d'innovation est enraciné dans chaque pays ou région. Les entreprises jouent un rôle important dans la genèse des nouvelles technologies et leur comportement varie, d'une part avec le climat socio-économique national et, d'autre part, avec l'intensification de la concurrence dans le monde.

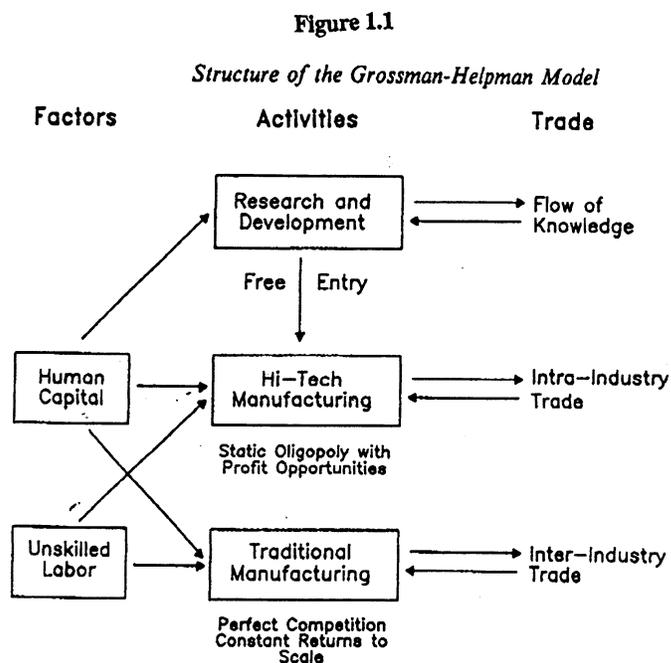
-Les études sur le système d'innovation national tiennent compte du premier aspect. Le système d'innovation national consiste en un jeu de liens fonctionnant concrètement entre les entreprises considérées comme ferment de la technologie et le milieu institutionnel qui les encadre. Ainsi qu'on pourra le voir plus loin, l'analyse des particularités d'un système d'innovation national nous aide à mieux comprendre les variations dans la capacité d'innover de tel ou tel pays.

-Le deuxième aspect fait partie intégrante des modèles de la croissance endogène, qui comprennent le commerce international et la concurrence dans le monde. Puisqu'il s'agit d'une des branches les plus intéressantes de la théorie de la croissance endogène, nous examinerons deux de ses implications peu conventionnelles ci-dessous.

Les échanges commerciaux accroissent la rentabilité de la R et D dans un pays si ses entreprises réussissent à s'imposer à leurs rivaux étrangers. À l'inverse des principes classiques voulant que le libre-échange constitue la solution idéale à une croissance économique rapide, Grossman et Helpman (1994) ont donné des exemples où le fait de couper les liens commerciaux peut effectivement accélérer la croissance d'un pays à long terme.

Les plus récents développements dans les négociations du GATT donnent à penser que ces idées ont fait leur chemin dans la formulation des politiques. Exaspérés de voir qu'ils perdaient leur avance technologique, les États-Unis se sont efforcés d'empêcher leurs concurrents, notamment le Japon et les nouveaux pays industrialisés (NPI) à croissance rapide, d'accéder librement à la technologie américaine. Ainsi, le gouvernement américain a obtenu l'adoption de règles protégeant la propriété intellectuelle à l'Uruguay Round des négociations commerciales du GATT. Il s'agit d'un revirement important dans la politique économique, revirement qu'on doit au fait qu'on commence à saisir l'importance de la technologie en tant que source fondamentale de la prospérité d'un pays.

La figure 1 montre comment est structuré le modèle de Grossman-Helpman. Ce modèle établit la base théorique à la recherche empirique sur le commerce international.



Source: Siebert (1991)

1.3 Théories apprécatives de la technologie et de la croissance. Les modèles formels de la croissance économique que nous venons d'examiner établissent la base théorique à une illustration plus réaliste des interactions entre diverses facettes du progrès technique et de la croissance économique. Les historiens de l'économie et ceux qui étudiaient le changement technologique ont cumulé et analysé une multitude de preuves empiriques sur des aspects précis du changement technologique et les liens entre ce changement et la croissance économique longtemps avant que les théoriciens ne parviennent à formuler un modèle mathématique de la croissance économique. Pour paraphraser Nelson, la théorie apprécative s'exprime surtout verbalement et, en somme, constitue l'expression de la réalité telle que la perçoit l'analyste. La modélisation théorique et la théorie apprécative vont de pair, malgré le décalage sensible dans le

temps qu'on note entre les diverses préoccupations analytiques. Les théoriciens de l'économie s'efforcent maintenant d'absorber les constatations d'un nombre croissant d'études empiriques et d'analyses appréciatives, et d'intégrer un ensemble d'hypothèses plus réalistes à leurs modèles. Nous nous intéresserons maintenant aux théories appréciatives se rapportant aux preuves empiriques des liens qui rattachent la nouvelle technologie à la croissance de l'économie au niveau macro-économique.

Croissance schumpétérienne. La théorie de Schumpeter (1942) voulant que l'innovation soit le moteur du développement capitaliste demeure sans aucun doute la première théorie du genre et, à maints égards, la théorie la plus reconnue sur le rôle du changement technologique dans la croissance de l'économie. Cette théorie de l'innovation reposait sur la définition d'« entrepreneur » de Schumpeter, à savoir une personne (ou un groupe de personnes) devant prendre des décisions commerciales qui déboucheront sur l'introduction de nouveaux produits, procédés et systèmes ou l'ouverture de nouveaux marchés et de nouvelles sources d'approvisionnement. Schumpeter estimait qu'un entrepreneuriat innovateur constituait plus une manifestation de la volonté qu'un acte intellectuel et que l'incroyable dynamisme de la société capitaliste s'expliquait par un leadership créateur. Il en est donc venu à porter davantage attention aux formes « héroïques » et plus spectaculaires de l'innovation, celles caractérisées par des êtres d'exception, conformément au climat dans lequel baignait le monde commercial avant la Première Guerre mondiale. Schumpeter ne révèle toutefois pas grand-chose sur la source des idées scientifiques et techniques que finissent par intégrer les nouveaux produits et procédés. En conceptualisant le processus du changement technologique sous la forme linéaire « invention => innovation=> diffusion », forme qui dominait le raisonnement économique sur l'évolution de la technologie jusqu'à tout récemment, Schumpeter insistait principalement sur les innovations les plus radicales et accordait d'une certaine manière moins de poids à l'invention et à la diffusion. On ne peut toutefois pas négliger le fait qu'en se concentrant sur les innovations majeures, celles ouvrant de nouvelles voies, Schumpeter a oublié que le changement technologique dérive d'un processus continu de recherche et d'accumulation graduelle du savoir, où les petites innovations présentent souvent autant d'importance que les découvertes les plus révolutionnaires.

En ce qui concerne les retombées économiques de la nouvelle technologie, les historiens de l'économie ont constaté que la majeure partie des gains de productivité associés à la diffusion des nouvelles techniques ne dérivent pas directement de la première grande innovation. Au contraire, ces gains ne surviennent qu'au terme d'un processus passablement long d'apprentissage, de perfectionnement, d'extension et d'adaptation relatif au nouveau produit ou procédé.

On croit aujourd'hui que Schumpeter a accordé trop d'importance aux inventions révolutionnaires et a sous-estimé le rôle des innovations graduelles dans le processus du changement technologique. Se référant à la croissance schumpétérienne, Mokyr (1990) définit le progrès technique comme tout changement résultant de l'application de l'information au processus de production, ce qui permet d'améliorer le rendement, donc de produire la sortie désirée avec moins de ressources (hausse de la productivité) ou de fabriquer des produits nouveaux ou améliorés. Soulignons que l'application de l'information ne signifie pas nécessairement l'usage d'informations « nouvelles ». De fait, une bonne partie de la croissance dérive de la diffusion d'informations existantes, pas de la genèse de nouvelles connaissances.

Bien qu'on ait fait un pas en avant en reconnaissant l'importance des améliorations graduelles apportées à la technologie, refuser d'admettre l'importance des révolutions industrielles successives qu'ont engendrées les inventions révolutionnaires reviendrait à effectuer un pas en arrière. Pour être satisfaisante, par conséquent, une théorie de l'innovation doit englober non seulement les innombrables améliorations progressives, mais aussi les discontinuités importantes.

1.4 Paradigmes technologiques et révolutions. Certaines nouvelles technologies deviennent « génériques » en ce sens qu'elles ouvrent la porte à une vaste gamme d'innovations dans maints secteurs de l'économie (Nelson et Winter, 1982). D'autres historiens de l'économie, qui ont noté l'importance des innovations mineures, ont émis des idées similaires sur les « systèmes », les « trajectoires » et les « paradigmes » (Dosi, 1982; Perez, 1983, 1985). Les économistes conceptualisent aujourd'hui les avances de la technologie comme une interaction entre la demande de nouveaux produits ou procédés et la poussée technologique, c'est-à-dire les progrès scientifiques et techniques en vertu desquels la création de nouveaux produits et procédés devient techniquement réalisable et abordable. Sahal (1985) et Perez vont plus loin. Le premier soutient que la technologie modifie son environnement socio-économique et est modifiée par lui. Pour sa part, le second parle du jeu entre le changement institutionnel et le changement technique dans son concept des « paradigmes techno-économiques ». On atteint d'abord le potentiel de productivité d'un nouveau « paradigme techno-économique » dans un seul ou quelques secteurs de pointe. La diffusion ne commence à affecter l'ensemble de l'économie que lorsqu'on en a clairement démontré les effets. Une plus longue période d'adaptation structurelle suit inévitablement puisqu'on se trouve aux prises avec une nouvelle infrastructure, de nombreux changements institutionnels, des compétences universellement accessibles ainsi que des matériaux et de l'équipement d'un nouveau genre.

Freeman (1992) maintient que le nouveau paradigme de la « technologie de l'information » (selon certaines estimations, les immobilisations informatiques représentent déjà du quart à la moitié des nouveaux investissements dans les installations et l'équipement aux États-Unis) explique le paradoxe de la productivité. Jusqu'à présent, le recours grandissant aux technologies de l'information n'a pas donné lieu à une hausse sensible de la productivité. Au contraire, les taux de croissance réels de la productivité se situent sous les niveaux atteints dans les années 60. Freeman pense que le ralentissement des gains de productivité moyens de la main-d'œuvre observé dans les années 70 et 80, comparativement aux taux des années 50 et 60, vient globalement d'une crise structurelle d'adaptation ou de modification du paradigme techno-économique, crise accentuée par le développement inégal de certains secteurs de l'économie.

En essayant d'expliquer pourquoi on trouve des ordinateurs partout de nos jours sauf dans les statistiques économiques, Paul David (1991) compare la « révolution de l'informatique » actuelle à celle engendrée par l'invention de la dynamo et l'électrification de masse, il y a une centaine d'années. Pour intéressante qu'elle soit, l'analogie ne doit pas entraîner d'excès. David souligne aussi les différences sensibles entre les deux cas, la principale étant que l'information ne ressemble nullement à l'électricité en tant que bien économique. Il est fort difficile de quantifier directement la production et la distribution de l'information; recourir aux processus classiques du marché s'avère problématique. Une des conséquences pratiques de cette situation est qu'on peut douter de l'utilité des statistiques classiques sur la productivité pour mesurer la variation de la

productivité attribuable à la technologie de l'information, et il se pourrait que le paradoxe de la productivité soit simplement lié en partie à une mauvaise quantification de la productivité.

1.5 Retard et rattrapage technologiques. Que le revenu augmente parce que des informations totalement neuves s'appliquent à la production ou parce qu'on diffuse l'information existante à de nouveaux utilisateurs n'a aucune espèce d'importance du point de vue de la croissance économique. De fait, comme on a pu le constater après la guerre, beaucoup de pays économiquement moins développés ont profité du rattrapage, bref de l'avantage économique qui résulte de l'exploitation et de l'application de la technologie élaborée à grand frais par les meneurs étrangers dans les secteurs concernés. Pareil processus n'a toutefois rien d'automatique. Deux variables établissent dans quelle mesure les entreprises d'un pays qui tire technologiquement de l'arrière parviendront à rattraper leur retard. Selon Abramovitz (1991), la première est « l'opportunité », la seconde la « capacité sociale ». En voici une illustration. Avant la Deuxième Guerre mondiale, les États-Unis marquaient sans conteste le pas sur le plan de la productivité mais rien ou presque n'indiquait que les autres pays s'efforçaient de les rattraper. Dans les industries de production de masse, les pays disposant de la capacité sociale nécessaire (Europe et Japon) n'avaient ni les ressources, ni le marché indispensables pour soutenir une production de masse comme aux États-Unis. En plus, les barrières commerciales leur interdisaient de suivre un cheminement analogue à celui des États-Unis sur une échelle internationale; l'opportunité n'existait pas. Les États-Unis ont gardé leur place au faite des industries de haute technologie jusqu'à ce que les pays d'Europe et le Japon investissent les sommes requises dans la formation scientifique et technique et en la R et D, ces pays n'avaient pas la « capacité sociale » qui leur aurait permis de rattraper les États-Unis dans les industries en question (Nelson et Wright, 1992, et tableau 1.3).

Tableau 1.3

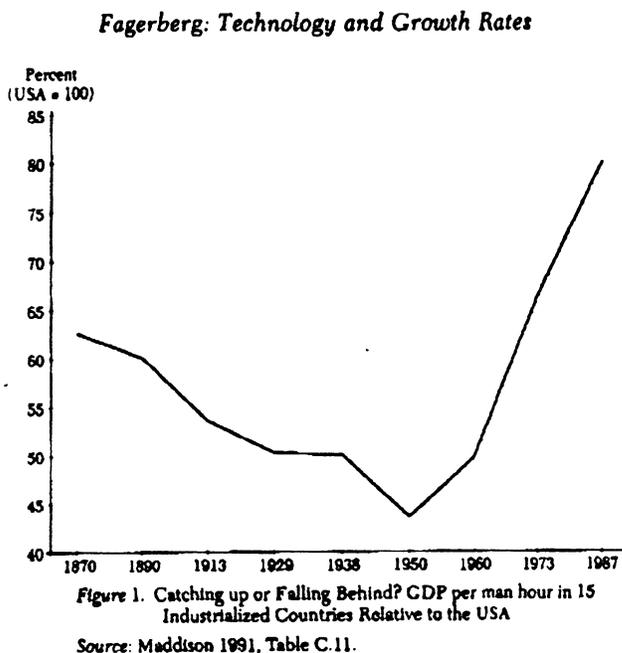
Sources de convergence dans la productivité du travail, 1960-1988
(variation des taux de croissance des États-Unis et des pays successeurs)

	1960-1973	1973-1988	Variation
Écart É.-U.-Japon			
Productivité du travail	6,6	1,9	-4,7
Capital par heure de travail	2,0	0,6	-1,4
Productivité totale des facteurs	4,6	1,3	-3,3
Échelle et intensité	0,6	0,1	-0,5
Autres sources non techniques	1,4	0,0	-1,4
Effet résiduel technique	2,6	1,2	-1,4
Écart É.-U.-Europe de l'OCDE			
Productivité du travail	2,2	1,1	-1,1
Capital par heure de travail	0,7	0,3	-0,4
Productivité totale des facteurs	1,5	0,8	-0,7
Échelle et intensité ^a	0,9	-0,5	-0,5
Autres sources non techniques ^b	0,5	0,0	-0,5
Effet résiduel technique	1.0	1.3	0.3

Source : Moses Abramovitz : «Catch-up and Convergence in the Postwar Growth Boom and After», in W.J. Baumol, R.R. Nelson et E.N. Wolff (sous la dir. de) (1994), *Convergence of Productivity, Cross-National Studies and Historical Evidence*

Le transfert de la technologie américaine par le truchement des multinationales, par l'instruction inculquée aux étudiants étrangers dans les universités américaines et, en ce qui concerne le Japon, par la politique délibérée et systématique voulant qu'on acquiert sous licence et emprunte la technologie occidentale a aidé les pays en question à acquérir plus vite la capacité sociale essentielle au rattrapage. La figure 1.2 montre comment 15 pays industrialisés en sont venus à rejoindre les États-Unis.

Figure 1.2



La période qui a suivi la Deuxième Guerre mondiale a engendré un « boom de convergence », avec l'abolition graduelle des nombreuses contraintes qui interdisaient le rattrapage entre les deux guerres. Nelson et Wright (1992, p.1962) soutiennent que les frontières ont moins d'importance aujourd'hui que jamais, que les pays industrialisés du monde partagent maintenant une technologie commune. Selon eux, on le doit à l'influence croissante des sociétés transnationales ainsi qu'au rôle de plus en plus grand de la science (sur le plan international) dans la genèse de la technologie, par rapport à l'apprentissage (sur le plan national et local).

Les preuves empiriques ne confirment toutefois pas cette interprétation de la situation présente et de la mondialisation prévue pour l'avenir. Patel et Pavitt (1991) se sont penchés sur les activités technologiques des grandes entreprises de fabrication du monde au niveau des brevets et ont constaté (1) que ces entreprises poursuivent la majeure partie de leur activité technologique dans leur pays et (2) que les paramètres nationaux influent sur cette activité. Porter (1990) parvient à une conclusion analogue. D'après lui, les paramètres nationaux prennent de plus en plus d'importance car les compétences et la technologie qui détermineront les avantages concurrentiels trouvent leur source dans le pays d'origine.

1.6 Systèmes d'innovation nationaux. Le concept des systèmes d'innovation nationaux s'est glissé dans le jargon des auteurs de politique nationaux et internationaux lorsque ceux-ci ont participé au programme Technologie-Économie (PTE) de l'OCDE, en 1988. Quand on a dressé le bilan de ce programme à Montréal, en 1991, on a accordé une grande place au concept du

système d'innovation national (SIN). Essentiellement, le SIN consiste à voir dans le changement technologique l'effet combiné des efforts d'innovation et d'apprentissage dans les organisations - les entreprises surtout - et des interactions entre ces organisations et leur environnement.

Un système d'innovation correspond donc au jeu de facteurs économiques qui concourent à la genèse et au développement de produits et de procédés nouveaux ou améliorés (essentiellement les entreprises novatrices, les laboratoires publics et les universités) ainsi qu'à l'ensemble des flux entre ces facteurs (informationnels, financiers, personnels ou autres) dans les limites de l'économie nationale (ou régionale) (Niosi et collaborateurs, 1993). Le principal argument en faveur de ce point de vue est que des institutions différentes peuvent poursuivre des objectifs fort divergents et parvenir à des résultats distincts, plus ou moins propices à la croissance de l'économie, sous des étiquettes généralement similaires. Le flux des connaissances entre institutions peut aussi varier considérablement d'un pays à l'autre, en raison de paramètres historiques.

Dans son introduction à l'ouvrage qu'il consacre aux SIN, Lundvall (1992) rappelle que le concept a été explicitement évoqué pour la première fois par Freeman (1987) dans son livre sur le Japon. L'organisation de la R et D et de la production dans l'entreprise, les liens entre entreprises et le rôle du gouvernement occupent la place principale de cette analyse, qui adopte à la fois une tangente historique et s'appuie sur la théorie contemporaine de l'innovation. Nelson (1988) a dévoilé son analyse du système américain à peu près à la même époque. Cette analyse insistait sur le caractère doublement public et privé de la technologie, ainsi que sur le rôle respectif des entreprises privées et des administrations publiques dans la genèse de nouvelles technologies. Les deux auteurs abordent des aspects différents du même système. Nelson se concentre d'abord surtout sur les caractéristiques institutionnelles de la production du savoir et de l'innovation, au sens étroit du terme, alors que Freeman s'intéresse à l'interaction entre le système de production et l'innovation. Freeman passe ensuite à une théorie mixte de l'organisation et de l'innovation, pour répondre à la question suivante : « Quels types d'organisations sont les plus propices au développement et à une exploitation efficace de la nouvelle technologie? » Sur le plan théorique, Nelson fait principalement appel au droit et à l'économique - dans quelle mesure des groupes d'institutions différents tiennent-ils compte du dilemme privé-public lié à l'information et à l'innovation technique, et réussissent-ils à le résoudre?

La tendance croissante à la mondialisation semble contredire le concept d'un système d'innovation national. Comme le montrent Patel et Pavitt (1991), la tendance à la mondialisation n'a pas (encore?) mis fin à l'attachement solide à un SIN. Porter souligne lui aussi l'importance d'une base nationale pour la compétitivité, dans une économie de plus en plus mondiale. Une des conséquences de la mondialisation sur les SIN est que ces derniers s'ouvrent de plus en plus à diverses formes de coopération et de réseautage sur le plan international.

1.7 Infrastructure technologique. La capacité sociale dépend largement de l'infrastructure technologique, c'est-à-dire des connaissances scientifiques et techniques à la disposition de l'industrie. Sous l'expression « infrastructure technologique » (IT), on regroupe les technologies génériques, les infra-technologies, l'information technique, les installations de recherche et d'expérimentation ainsi que des éléments moins explicitement techniques, dont l'information

nécessaire à la planification stratégique et au développement des marchés, les tribunes aidant l'industrie et le gouvernement à planifier conjointement et à coopérer, et l'octroi des droits de propriété intellectuelle. L'infrastructure technologique comprend les laboratoires industriels utilisés pour les essais et l'agrément, les régimes de normes et de brevets, les réseaux de sources efficaces d'information techno-économiques comme les bibliothèques et les bases de données spécialisées, et les instituts de recherche et de développement publics qui assurent des services techniques et des services de consultation aux petites et moyennes entreprises, pour ne citer que ses principales composantes. Il s'agit par définition d'un système national, même si ses éléments ont de plus en plus de liens avec les réseaux internationaux. Une des caractéristiques de l'IT est qu'elle déprécie lentement mais qu'il faut beaucoup d'efforts et de temps pour l'instaurer et la préserver. Elle se maintient grâce à diverses combinaisons d'institutions publiques, privées et publiques-privées.

Le secteur privé investit moins que ce qui serait optimal du point de vue de la société dans la création et la diffusion de la nouvelle technologie, à cause des imperfections de marché. Il faut y voir la raison pour laquelle on doit bâtir et maintenir une IT. L'imperfection de marché la plus souvent citée concerne les retombées du « savoir », soit la « fuite » du savoir technique développé par une entreprise vers ses concurrents, sans compensation. Les retombées de la « productivité » en constituent un autre. Dans ce cas, l'entreprise novatrice vend son produit à un prix qui ne reflète pas la valeur réelle de l'amélioration réalisée au niveau du rendement ou de la qualité. Les autres échecs du marché relatives à l'innovation sont les risques techniques inhérents et la dépendance temporelle. Dans tous ces cas, il peut s'ensuivre une divergence entre le taux de rendement qu'envisage l'innovateur potentiel et le rendement global éventuellement réalisé par l'économie dans son ensemble, une fois que la technologie a été commercialisée et a pénétré les marchés pertinents.

Dans les secteurs de l'économie reposant sur la technologie, ces imperfections de marché peuvent surgir à deux niveaux : (1) celui de l'investissement général dans la R et D et (2) à l'intérieur de certaines catégories de R et D. Des incitatifs fiscaux pourront éliminer le premier risque de sous-investissement global. Dans le deuxième cas, le sous-investissement peut résulter des grands risques techniques, donc commerciaux, de la longue période qui précédera la commercialisation, des problèmes de propriété intellectuelle associés à la nature du développement des connaissances techniques dans les phases initiales du projet ainsi que des erreurs de tir entre les possibilités commerciales envisagées pour la nouvelle technologie et les stratégies commerciales existantes des entreprises qui s'intéressent à la R et D. Une croissance à long terme dépendra de l'élimination de ces imperfections de marché, car la technologie générique primitive devient la « base technologique » d'une industrie complète, avec l'effet de levier qu'on suppose sur la R et D appliquée subséquente. La base technologique d'une industrie présente les caractéristiques d'une infrastructure puisqu'elle émane d'un grand nombre d'entreprises se livrant concurrence au sein d'une même économie nationale. En dépit de ses objectifs micro-économiques, l'IT joue un rôle notable dans le système d'innovation national. C'est pourquoi nous l'examinons dans cette partie consacrée aux perspectives macro-économiques.

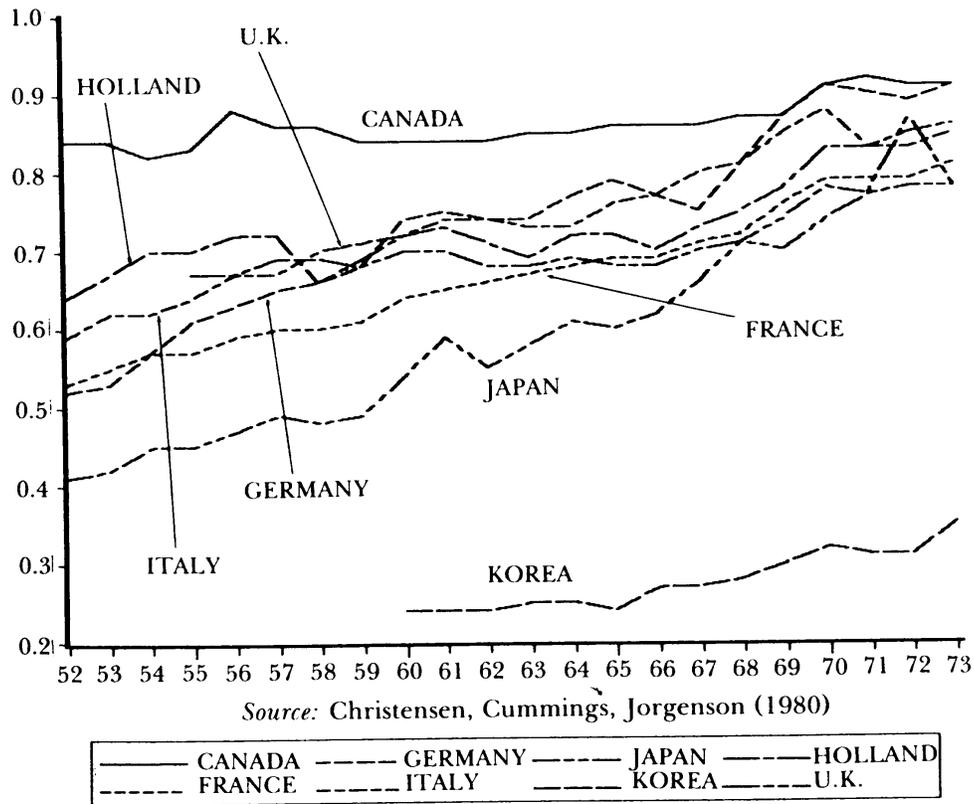
1.8 Études empiriques

Le moment est venu de parler de quelques études empiriques récentes. Nous les avons choisies parmi les nombreux tests et adaptations des théories que nous venons d'examiner.

Études sur le retard et le rattrapage technologiques. De plus en plus d'études empiriques tentent d'expliquer le taux de croissance du PIB, du PIB/habitant ou du PIB/travailleur par une combinaison de facteurs comprenant typiquement (1) une variable de saisie servant à mesurer approximativement l'écart au niveau de la productivité et(ou) de la technologie, (2) des variables ayant pour but de jauger les efforts déployés pour réduire cet écart, notamment l'investissement dans le capital matériel et(ou) humain et dans les ressources réservées à l'innovation, et (3) d'autres variables institutionnelles, sociales, économiques et politiques qui, pense-t-on, agissent sur la croissance.

Les variables de l'écart technologique ainsi que celles qui représentent l'effort national d'innovation sont le plus souvent les déterminants statistiquement significatifs. On lira Fagerberg (1994) pour une enquête mentionnée à la figure 1.3 . Le problème méthodologique que posent bon nombre de modèles résulte du fait que les plus récents travaux empiriques en la matière ne font pas de distinction entre les théories concurrentes. Bien qu'il existe des preuves évidentes de convergence dans le taux de croissance des pays industrialisés, la chose s'avère moins évidente quand on élargit suffisamment l'échantillon pour inclure la plupart des pays en développement. Quoiqu'il en soit, lorsqu'on rassemble les nombreuses études sur la question, le message est clair : la possibilité d'un « rattrapage » existe bel et bien, mais seuls les pays détenant une « capacité sociale » suffisante, bref en mesure de mobiliser les ressources nécessaires (investissements, instruction, R et D, etc.) pourront la saisir.

Figure 1.3: Total factor productivity relative to the US



Source: Fagerberg (1994)

1.9 Incidence de la R et D et de la diffusion de la technologie sur l'accroissement de la productivité. On a récemment assisté à une hausse considérable du nombre d'études empiriques qui relient les activités engendrant l'innovation et le savoir à la croissance économique d'un pays. On le doit, d'une part, à la réponse au défi intellectuel et aux possibilités qu'a engendrées la théorie de la croissance endogène et, d'autre part, à une réaction au paradoxe de la

productivité. Les études du premier groupe s'intéressent surtout aux tendances de croissance et à la question de convergence-divergence sur la plus vaste échelle internationale qui soit. Ce sont les études du deuxième groupe qui retiendront néanmoins davantage l'attention des membres de la collectivité scientifique et des décideurs canadiens, car elles se concentrent sur les pays industrialisés activement engagés dans la R et D. L'étude de l'OCDE (1995) constitue sans doute la plus récente et celle qui nous apprend le plus, en général, à cet égard. Cette étude touchait les membres du G7, plus l'Australie, le Danemark et les Pays-Bas, et couvrait la période de 1970 à 1990.

Avant d'analyser les liens entre la technologie et la productivité, l'étude en question examine la performance des pays concernés sur le plan de la croissance et de la productivité durant les années 70 et 80. L'exercice a pour principal résultat de décomposer la croissance réelle du PIB d'après les apports de main-d'œuvre et de capital, la réaffectation des ressources entre les secteurs et la fluctuation de la productivité totale des facteurs dans chaque pays. Pour mieux éclairer le paradoxe de la productivité des années 80, on a divisé la période à l'étude en sous-périodes plus petites, qui coïncident à peu près avec les sommets du cycle économique, ce qui permet de minimiser les effets de la variation au niveau de l'exploitation de la capacité. Le tableau 1.4 présente les principaux résultats obtenus pour le Canada, pour chaque sous-période.

Tableau 1.4

Décomposition de la croissance de la productivité du travail*

		Croissance de la productivité du travail	Croissance de la PTF	Variation de l'intensité du capital	Part de la PTF	Croissance du PIB	Croissance de la main-d'oeuvre	Croissance du capital	Croissance de l'intensité du capital
Canada	1971-1990	1,30	0,77	0,64	59,0	3,28	1,98	4,49	2,51
	1971-1976	2,88	1,34	0,58	71,4	4,68	2,80	4,95	2,15
	1976-1981	0,61	-0,03	0,68	-5,4	3,02	2,40	4,90	2,50
	1981-1986	2,09	1,10	1,00	52,6	2,52	0,42	3,91	3,49
	1986-1990	0,47	0,65	0,23	138,5	2,82	2,35	4,11	1,76

*)Estimations par agrégation Divisia

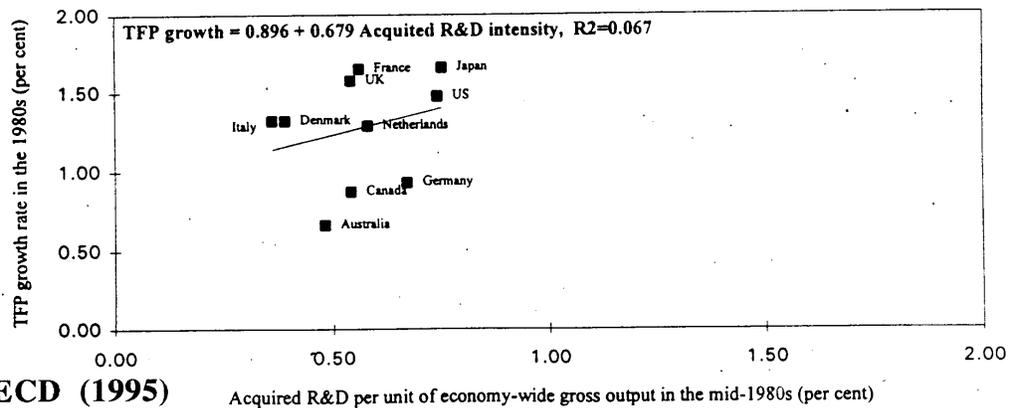
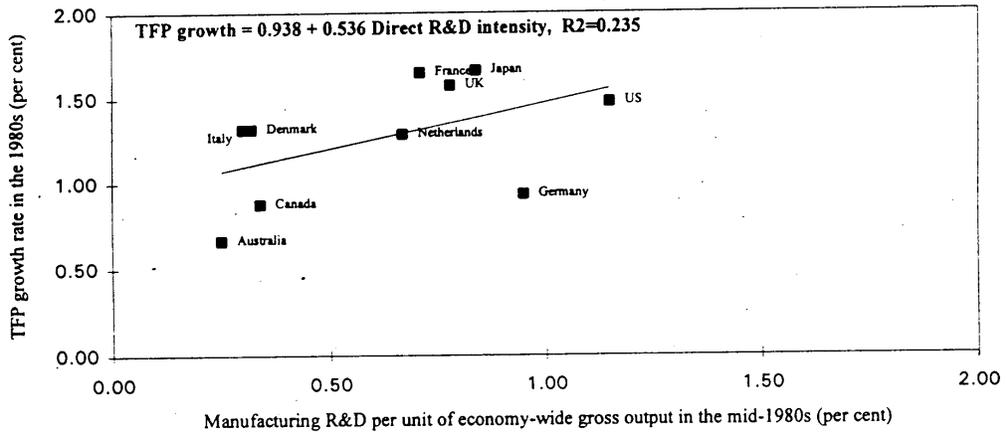
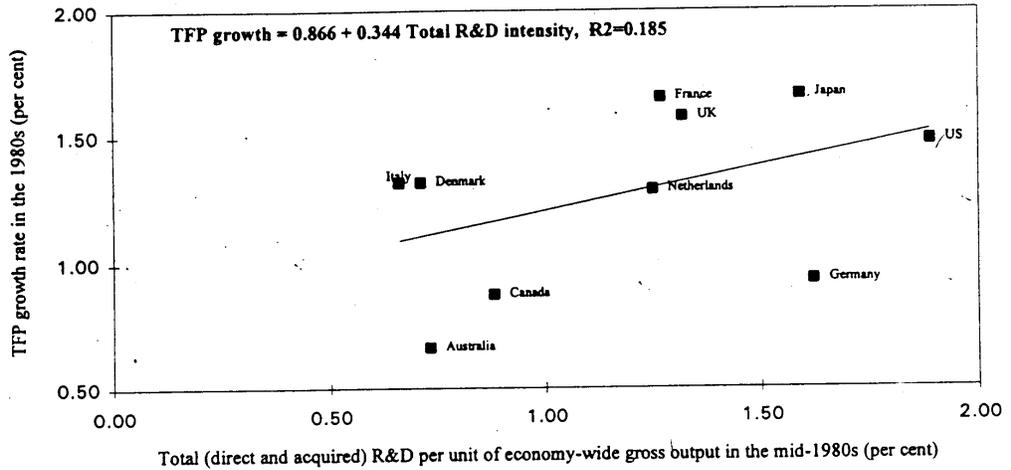
Source : OECD (1995), tableau 2.

On constate que la productivité de la main-d'œuvre canadienne s'est accrue à un rythme moyen de 1,3 % par année entre 1971 et 1990, que la croissance de ce facteur a ralenti au cours de la deuxième moitié des années 70, a remonté au début des années 80 puis a perdu de nouveau du terrain à la fin des années 80, avec la hausse du nombre d'emplois. L'examen des sous-périodes révèle un ralentissement considérable de la croissance de la PTF au Canada durant la deuxième moitié des années 70, suivi par un rétablissement au cours de la première moitié des années 80 et un second recul en 1986-1990, quoique moins important que celui de la décennie antérieure. Plus de la moitié de la croissance observée durant la période à l'étude (0,59 %) résulte de la hausse de la productivité totale des facteurs (PTF) et le reste, d'une plus grande intensité du capital. Le taux

de croissance du PIB, de la main-d'œuvre et des immobilisations ainsi que de l'intensité du capital apparaît à droite, au tableau.

Dans sa deuxième partie, l'étude aborde directement la question du rôle de la R et D et de la diffusion de la technologie entre industries en vue d'expliquer l'accroissement de la productivité. Il y a diffusion de la technologie lorsqu'on achète des entrées de production (facteurs intermédiaires et biens d'investissement) au pays même ou à l'étranger et que ces entrées incorporent les résultats de la R et D. Le taux de rendement des sommes investies par le secteur manufacturier dans la R et D s'établissait autour de 15 % dans les années 70 et 80. Celui de la R et D intégrée à la croissance de la PTF des services était beaucoup plus élevé dans les années 70 (130 %), et encore plus dans les années 80 (190 %). On attribue principalement les gains de productivité résultant de la diffusion de la technologie dans ce secteur d'une part aux fonds injectés dans l'équipement servant à fabriquer des produits à forte concentration de R et D et, d'autre part, à l'acquisition de technologie étrangère par le biais des importations. Le Canada est l'un des rares pays dont le taux de rendement s'est amélioré dans les années 80; son taux dépassait celui du Japon et des États-Unis de 10 points durant cette période. La figure 1.4 montre que la croissance de la PTF a régressé dans divers pays pour ce qui est de la R et D directe et de la R et D intégrée aux produits.

Figure 1.4: R&D and Productivity Performance in the 1980s



Source: OECD (1995)

Partie II Industrie, technologie et croissance

Les déterminants de la croissance et des principaux avantages concurrentiels varient avec le type d'industrie. Dans le secteur du commerce, des finances et des services personnels, par exemple, la technologie ne joue qu'un rôle secondaire au niveau de la croissance, même si ce rôle gagne en importance. Il en va de même pour plusieurs industries manufacturières, notamment celles des aliments et des boissons, du tabac, des vêtements, des textiles et du cuir. Dans ces secteurs d'activité, les entreprises se livrent concurrence, grossissent et prospèrent surtout grâce à d'importants facteurs externes à la technologie, entre autres la qualité du service (finances, commerce), la publicité (aliments, boissons, tabac), la conception (vêtements, meubles) et ainsi de suite.

2.1 Divergences dans le comportement des industries face à la R et D

La propension à entreprendre de la R et D fluctue considérablement d'une industrie à l'autre. Les entreprises de fabrication ont tendance à recourir plus souvent à la R et D que les entreprises des autres secteurs d'activité. Au sein des industries manufacturières, celles à haute technologie (voir plus bas) sont plus enclines à poursuivre de la R et D que les industries à faible technologie. Ainsi, l'agriculture, le bâtiment, les mines et les finances entreprennent rarement des travaux de R et D (voir le tableau 2.1). Dans le secteur des services, les activités de R et D se concentrent essentiellement dans des domaines très précis tels l'informatique, le génie et les services scientifiques.

Tableau 2.1
Nombre d'établissements poursuivant de la R et D, Canada, 1993

Industrie	Nombre d'établissements	
Fabrication (y compris machines)	1 570	
Machines		223
Produits métalliques fabriqués		218
Autres produits chimiques		123
Autres industries manufacturières		119
Équipement scientifique et professionnel		100
Aliments		95
Autres produits électriques		85
Produits plastiques		82
Pièces et éléments électroniques		65
Machines de bureau		60
Services	2 224	
Services techniques et scientifiques		605
Services informatiques et services connexes		569
Agriculture, pêche et exploitation forestière		101
Mines, pétrole et puits		50
Construction		74
Services publics		17
Ensemble des industries	4 036	

Source : Statistique Canada (1996) : Recherche et développement industriels, Ottawa

Les dépenses de R et D ne font pas que varier fortement entre les industries; ces variations sont également stables dans le temps (tableau 2.2). Les secteurs à haute technologie, par exemple, réservent typiquement plus de 4 % de leur chiffre d'affaires à la R et D. En font partie l'aérospatiale (22,7 % environ du chiffre d'affaires consacré à la R et D, en moyenne, en 1980, pour les principaux pays de l'OCDE), les machines de bureau et les ordinateurs, le matériel et les pièces électroniques, les produits pharmaceutiques, les instruments scientifiques et les appareils électriques. Les industries à concentration de technologie moyenne comprennent les véhicules automobiles (2,7 %), les produits chimiques (2,3 %), les autres industries de la fabrication, les machines non électriques, le caoutchouc et les plastiques ainsi que les métaux non ferreux. Enfin, au sein du groupe qui investit peu dans la R et D (moins de 1 % du chiffre d'affaires), notons les matériaux de construction (verre, pierre et argile), les aliments et les boissons, la construction navale, le raffinage du pétrole, les métaux ferreux, les produits métalliques, le papier et l'imprimerie, les produits du bois, les textiles, les chaussures et les produits du cuir.

Tableau 2.2
 Intensité de la R et D dans la zone de l'OCDE
 (dépenses au titre de la R et D en pourcentage des ventes)

1970		1980	
Haute technologie		Haute technologie	
Aérospatiale	25,6	Aérospatiale	22,7
Machines de bureau, ordinateurs	13,4	Machines de bureau, ordinateurs	17,5
Matériel électronique	8,4	Matériel électronique	10,4
Produits pharmaceutiques	6,4	Produits pharmaceutiques	8,7
Appareils scientifiques	4,5	Appareils scientifiques	4,8
Machines électriques	4,5	Machines électriques	4,4
Moyenne technologie		Moyenne technologie	
Produits chimiques	3,0	Véhicules automobiles	2,7
Véhicules automobiles	2,5	Produits chimiques	2,3
Autres industries manufacturières	1,6	Autres industries manufacturières	1,8
Raffinage du pétrole	1,2	Machines non électriques	1,6
Machines non électriques	1,1	Caoutchouc et plastiques	1,2
Caoutchouc et plastiques	1,1	Métaux non ferreux	0,1
Faible technologie		Faible technologie	
Métaux non ferreux	0,8	Pierre, argile et verre	0,9
Pierre, argile et verre	0,7	Aliments, boissons, tabac	0,8
Chantiers navals	0,7	Chantiers navals	0,6
Métaux ferreux	0,5	Raffinage du pétrole	0,6
Produits métalliques	0,3	Métaux ferreux	0,6
Bois, meubles	0,2	Produits métalliques	0,4
Aliments, boissons, tabac	0,2	Papier, imprimerie	0,3
Papier, imprimerie	0,1	Textiles, chaussures, cuir	0,2
Textiles, chaussures, cuir	0,2	Bois, meubles	0,2

Source : OCDE, *Technology and Economics*, Paris, 1992, p. 35 (Tableau 2.2)

Cette classification fondamentale des industries à l'égard de la R et D est valable pour le Canada, outre quelques différences propres à la configuration du secteur industriel canadien : aéronefs et leurs pièces, matériel de télécommunication, produits pharmaceutiques et machines de bureau figurent en tête de liste des industries manufacturières qui investissent beaucoup dans la technologie (voir le tableau 2.3). Parmi les activités tertiaires, les principaux secteurs comprennent l'informatique et les services connexes, ainsi que les services techniques et scientifiques.

Tableau 2.3
DBRD par industrie en tant que pourcentage du chiffre d'affaires des entreprises,
Canada, Intentions, 1995

Industrie	Part des DBRD (%)
Matériel de télécommunication	15
Aéronef et pièces	11
Services techniques et scientifiques*	9
Finances, assurances et immobilier	6
Autre équipement électronique	6
Pharmacie et médecine	6
Machines de bureau	5
Autres industries	42
Total, industries	100
Total, industries (millions \$ CAN)	6 999

2.2 Industrie et croissance

Les industries qui misent sur une technologie pointue sont-elles différentes des autres? Une façon simple d'étudier l'effet d'une nouvelle technologie sur la croissance d'une industrie consiste à comparer les indicateurs de rendement des industries, classées en fonction du « savoir » qu'elles détiennent, selon les données relatives à la R et D, à l'éducation et aux professions. Le rendement des trois groupes (haute, moyenne et faible technologie) diffère de façon surprenante à plusieurs égards. En premier lieu, la production, l'emploi, l'investissement et les traitements ont progressé plus rapidement dans les industries à haute technologie que dans celles à moyenne et à faible technologie. Les premières s'ouvrent de plus en plus au commerce international; elles exportent davantage et, simultanément, doivent composer avec une concurrence plus vive des importations. Puisqu'elles misent énormément sur la R et D et recourent à des effectifs plus instruits, il n'est guère étonnant qu'elles détiennent beaucoup plus de brevets que celles des deux autres groupes. Le niveau et la croissance de la productivité de la main-d'œuvre légèrement plus faibles que ceux des industries à moyenne technologie surprennent davantage. Il pourrait y avoir plusieurs explications à cette constatation quelque peu

troublante, la plus plausible étant qu'à cause des fortes importations, l'industrie à haute technologie doit aligner le prix de ses produits sur la concurrence étrangère, mais parallèlement doit verser des salaires de plus en plus élevés si elle veut attirer le personnel hautement qualifié dont elle a besoin. Quoi qu'il en soit, le paradoxe de la productivité semble réapparaître, aussi devrait-on se rappeler qu'un grand savoir ou une haute technologie n'est pas nécessairement toujours (ou n'est pas encore) synonyme de suprême efficacité (voir les tableaux 2.4 a....d).

Tableau 2.4a

Rendement de la production brute au coût des facteurs : 1981-1990

	Taux de croissance annuel	Part du marché 1981	Part du marché 1990	Variation de la part du marché en points	Taux de croissance de la part du marché
	(pour cent)	(pour cent)	(pour cent)		(pour cent)
Haute technologie	3,6	16,0	17,1	1,1	6,6
Moyenne technologie	3,0	59,4	60,1	0,7	1,2
Faible technologie	2,0	24,6	22,8	-1,8	-7,3

Source : Frank C. Lee and Handam Has, : A Quantitative Assesment of High-Knowledge Industries Versus Low-Knowledge Industries : Ottawa, Industrie Canada

Tableau 2.4b

Performance de l'emploi : 1981-1990

	Taux de croissance annuel	Part du marché 1981	Part du marché 1990	Variation de la part du marché en points	Taux de croissance de la part du marché
	(pour cent)	(pour cent)	(pour cent)		(pour cent)
Haute technologie	2,7	12,1	13,3	1,2	9,9
Moyenne technologie	1,8	43,5	44,3	0,9	1,9
Faible technologie	1,1	44,4	42,4	-2,1	-4,6

Source : Frank C. Lee and Handam Has, : A Quantitative Assesment of High-Knowledge Industries Versus Low-Knowledge Industries : Ottawa, Industrie Canada

Tableau 2.4c
Rémunération horaire : 1981-1990

	Taux de salaire 1981	Taux de Salaire 1990	Taux de croissance annuel	Ratio des Salaires relatifs 1981	Ratio des salaires relatifs 1990
	(\$/heure)	(\$/heure)	(pour cent)		
Haute technologie	17,9	30,2	5,9	1,59	1,60
Moyenne technologie	13,5	21,1	5,1	1,19	1,12
Faible technologie	6,6	6,6	6,0	0,58	0,59

Source : Frank C. Lee and Handam Has, : A Quantitative Assesment of High-Knowledge Industries Versus Low-Knowledge Industries : Ottawa, Industrie Canada

Remarque :

1. L'équipement scientifique et professionnel se retrouve dans le groupe à faible technologie.

Tableau 2.4d
Productivité du travail : 1981-1990

	Productivité du travail 1981	Productivité du travail 1990	Taux de croissance annuel	Ratio de la productivité 1981	Ratio de la productivité 1990
	(\$/heure)	(\$/heure)	(pour cent)		
Haute technologie	29,9	31,7	0,7	1,33	1,27
Moyenne technologie	30,08	33,6	1,0	1,37	1,35
Faible technologie	12,4	13,6	1,1	0,55	0,47

Remarque :

1. On calcule la productivité du travail en valeur ajoutée par heure.
2. Le matériel scientifique et professionnel fait partie du groupe à faible technologie.

Source : Frank C. Lee and Handam Has, : A Quantitative Assesment of High-Knowledge Industries Versus Low-Knowledge Industries : Ottawa, Industrie Canada

2.3 Études économétriques sur le lien entre la R et D et la PTF

De plus en plus de documents fournissent des preuves empiriques solides confirmant l'existence de la connexion entre la R et D et la productivité observée dans les industries manufacturières des États-Unis et, dans une moindre mesure, des autres grands pays de l'OCDE (lire Mohnen, 1992; Bernstein, 1994; et Mairesse et Mohnen, 1990, 1995 pour une analyse générale des études économétriques et de leurs résultats). Ces preuves sont néanmoins plus éparses et pas toujours concluantes pour les pays de moins grande envergure comme le Canada.

Ni Lithwick (1969), ni Globerman (1972) n'ont pu établir d'association statistiquement significative entre l'accroissement de la productivité et la R et D au Canada dans leurs études, qui ont ouvert la voie dans ce domaine. Globerman soutient que la R et D effectuée hors de l'entreprise (industrie), utilisatrice, surtout dans le pays d'origine des sociétés d'obédience

étrangère, pourrait agir davantage sur la croissance de la productivité dans le secteur manufacturier que la R et D poursuivie directement par ce dernier. Ses résultats empiriques (Globerman, 1979) ne fournissent toutefois pas de preuve convaincante appuyant l'hypothèse que la présence de filiales étrangères au Canada concourt à accroître la productivité des entreprises d'appartenance canadienne.

L'étude de Postner et Wesa (1983) est la première à révéler qu'une variable «proxy» mesurant approximativement les effets de la R et D poursuivie par d'autres industries explique mieux l'accroissement de la productivité du secteur manufacturier que la R et D entreprise par ce dernier, tant au Canada qu'aux États-Unis. Hanel (1988) a lui aussi constaté l'existence d'un lien positif et statistiquement significatif entre la croissance de la productivité de travail du secteur manufacturier québécois et la R et D poursuivie dans ce secteur, de même que les retombées de la R et D entreprise par les autres industries. Plus récemment, Ducharme (1991) a découvert des associations statistiquement significatives entre le taux de croissance de la PTF, la R et D de l'industrie concernée et une série de variables représentant les retombées de la R et D.

Longo (1984) et Bernstein (1988) ont remarqué un lien statistiquement significatif entre la R et D et la PTF par certaines entreprises manufacturières canadiennes. Ainsi, une relation positive et statistiquement significative donne à penser que les fonds investis dans la R et D ont un rendement de 12 à 25 %. Selon la même étude, le rendement des retombées de la R et D correspond environ au double du rendement que l'entreprise obtient de sa propre R et D.

La plupart des études aboutissent à la conclusion que le taux de rendement privé des sommes investies dans les R et D dépasse sensiblement celui des investissements dans les machines et l'équipement. Le taux de rendement social de la R et D est en grande partie supérieur au taux de rendement privé. Quelques industries permettent à leurs clients des autres secteurs manufacturiers d'enregistrer des gains de productivité importants, phénomène encore plus évident dans le secteur des services. Les résultats canadiens corroborent les conclusions des études antérieures sur l'industrie américaine de la fabrication.

Mohnen's (1992) a été le premier à essayer de cerner les effets des retombées internationales de la technologie sur la croissance de la PTF dans le secteur manufacturier canadien. La plupart des retombées émanent des États-Unis, étant donné les rapports très étroits qu'entretiennent les deux pays au niveau des échanges commerciaux et de l'investissement. L'étude de cet auteur suggère néanmoins que les retombées étrangères pourraient ne pas avoir autant d'effet sur la croissance de la productivité que la R et D entreprise par l'industrie elle-même. Les résultats de Hanel (1994) tendent dans la même direction. Une autre étude, en revanche, faisant appel à une méthodologie économétrique différente, laisse entendre que les retombées étrangères pourraient s'avérer plus importantes que la R et D poursuivie au pays (Bernstein, 1994). Manifestement, on devrait intensifier les recherches en la matière.

Sachant que les études sur le lien entre la R et D et la PTF reposaient sur des périodes et des échantillons distincts, et recouraient à au moins deux méthodologies différentes, il ne faut pas s'étonner si les estimations de l'importance du rendement de la R et D et des retombées entre industries ne font pas l'unanimité. Quoi qu'il en soit, nul ne doute aujourd'hui que la R et D, ne serait-ce que celle des industries à haute technologie, contribue sensiblement à accroître la

productivité de l'industrie qui poursuit la R et D, mais aussi celle d'autres industries. Des études américaines et canadiennes indiquent également que la R et D sur les procédés rapporte plus que celle sur les produits (Bernstein, 1994; Hanel, 1994).

Bien que les preuves concernant l'existence d'une connexion entre la R et D et la productivité ne cessent d'augmenter, surtout aux États-Unis, des études récentes suggèrent que la question s'avère plus complexe qu'on le croyait au départ, en raison de facteurs externes et de problèmes de mesure. La principale difficulté reste que l'inclusion ou l'exclusion du secteur de l'informatique affecte fortement le lien statistique entre la croissance de la PTF et la R et D. Les ordinateurs illustrent parfaitement les sérieux problèmes que pose la quantification de la productivité dans les industries où les produits évoluent rapidement. L'étude de l'OCDE (1995) s'efforçait d'établir le rendement de la R et D par secteur d'activité dans les différents pays, mais n'a donné que des résultats mixtes. On n'a pu associer la R et D au taux de croissance de la PTF de façon statistiquement significative que pour la R et D poursuivie directement par le sous-secteur des machines de pointe (appareils électriques ou non, instruments, équipement de transport et produits métalliques) et par celui des services d'information (finances et assurances), de communication et de transport. Dans les autres sous-secteurs, l'association n'était pas statistiquement significative. Pareille constatation semble confirmer les recherches de Griliches (1994) et Hanel (1994), qui montrent que la relation entre la R et D et la PTF disparaît dès qu'on exclut l'industrie de l'informatique de l'échantillon.

2.4 La technologie et le commerce des biens industriels. La nouvelle technologie influe directement sur les échanges commerciaux de deux manières. D'un côté, il s'agit du facteur principal qui détermine l'avantage concurrentiel des industries fabriquant des produits de haute technologie (ordinateurs, avions, instruments scientifiques et machines spéciales); d'autre part, elle contribue à réduire le coût de production et à relever la qualité des biens traditionnels. Cette autre influence permet de baisser les prix et d'augmenter la part du marché international que les produits détiennent uniquement grâce aux prix concurrentiels. Sans perdre leur importance, les prix demeurent secondaires dans le succès commercial remporté sur les marchés à haute technologie.

Les échanges internationaux des produits à technologie de pointe ne cessent de préoccuper les économistes et les décideurs depuis qu'on s'est rendu compte qu'une proportion grandissante des échanges internationaux concernait des produits fabriqués par des industries poursuivant la R et D de façon intensive. La théorie du cycle du produit (Vernon, 1966) et celle de l'écart technologique (Posner, 1961; Hufbauer, 1966) soulignent que les échanges commerciaux internationaux reposent sur la variation du degré d'innovation d'un pays à l'autre. Ces hypothèses contredisent les principes de la théorie sur le commerce international acceptée, selon laquelle tous les pays auraient librement accès à la technologie.

Les preuves indiquant que la réalité infirmait cette hypothèse fondamentale ont commencé à s'accumuler avec les études empiriques. À la fin des années 70, on en détenait assez pour montrer que les pays poursuivant plus de R et D exportent plus de produits à forte concentration de R et D (de haute technologie) que les autres pays. Fait plus important, on a aussi établi une corrélation positive entre la performance d'une industrie nationale au niveau des exportations et son indicateur des entrées de l'innovation (R et D/ventes) ou un indicateur des sorties de l'innovation comme la part des brevets de la catégorie de produits concernée, pour les

industries de haute technologie. Une des premières preuves empiriques illustrant le lien entre la R et D et les exportations ainsi que l'innovation et les exportations au Canada se retrouve dans Hanel (1976), Séguin-Dulude (1977) McGuinness et Little (1981) et Hanel et Palda (1981). Soete (1981, 1987) a dressé le bilan de ces preuves à l'échelon international.

Krugman (1979) et après lui Brander et Spencer (1985) ont mis au point une série de modèles théoriques qui incorporent officiellement l'innovation et la concurrence monopoliste à la « nouvelle » théorie du commerce international. Ainsi qu'on a pu le voir dans la première partie du présent document, Grossman et Helpman (1991) ont réussi à faire le pont avec la théorie de la croissance endogène.

En dépit du fait que le commerce des produits de haute technologie se développe plus rapidement que le commerce international tend à le faire, il convient de replacer l'importance de ce marché dans une juste perspective. Dans les pays de l'OCDE, le commerce des produits de haute technologie est passé de 16 % à 22 % des échanges globaux entre 1970 et 1986. Ces produits expliquaient la plus grande part (au-delà du tiers) des exportations totales aux États-Unis, le tiers des exportations nipponnes, 28 % de celles du Royaume-Uni et un pourcentage moindre dans les autres pays (voir le tableau 2.5 pour plus de précisions).

Tableau 2.5

Part des exportations totales de produits représentée par les exportations de produits à haute technologie, certains pays, 1970-1986 (pourcentage)^a

Année	Tous les pays ^b	France	Allemagne	Japon	Royaume-Uni	États-Unis	Autre	Europe ^c
1970	16	14	16	20	17	26	11	14
1975	16	14	15	18	19	25	11	14
1980	17	14	16	24	21	27	11	15
1982	19	18	18	26	24	31	12	16
1984	21	18	18	32	26	34	12	16
1985	22	19	18	32	27	36	13	17
1986	22	19	18	33	28	37	14	18

Source : Laura D'Andrea Tyson : *Trade Conflict in High-Technology Industries*

Remarque : a/ Les produits à haute technologie correspondent à ceux que l'OCDE qualifie de produits à forte concentration technologique.

b/ Comprend les autres pays de l'OCDE (y compris le Canada).

L'évolution graduelle du commerce des produits de haute technologie illustre aussi le phénomène de rattrapage dont il a été question dans la première partie du document. En effet, si les États-Unis continuent de dominer sur les marchés mondiaux des produits concernés, leur part s'est amenuisée pour passer de 30 % à environ 20 % entre 1970 et 1986.

La part du Japon, par contre, a plus que doublé et celle des nouveaux pays industrialisés (NPI) d'Asie encore plus. Il ne fait aucun doute que des données plus récentes confirmeraient la poursuite de cette tendance. Bien que le Canada ait accru ses efforts de R et D, sa part des

exportations mondiales a diminué pour passer de 4,24 % en 1970-1973 à 2,65 % en 1988-1989 (voir le tableau 2.6).

Tableau 2.6

Part des exportations mondiales de produits à haute technologie, certains pays
1970-1989 (pourcentage)^a

Pays	1970-1973	1973-1976	1976-1979	1979-1982	1982-1985	1985-1987	1988-1989	Variation 1970-1989
OCDE	95,57	93,93	91,52	88,79	86,80	85,40	83,64	-11,94
États-Unis	29,54	27,36	24,37	25,07	25,24	22,29	20,64	-8,91
Canada	4,25	3,05	2,45	2,03	2,47	2,37	2,65	-1,61
Japon	7,07	7,54	9,21	10,06	12,93	15,03	16,01	8,94
CE-9 ^b	46,38	47,50	47,48	44,14	39,26	38,60	37,38	-9,00
Allemagne	16,59	17,07	16,52	14,66	12,98	13,07	12,52	-4,08
France	7,22	8,06	8,78	8,10	7,26	7,07	6,80	-0,42
Royaume-Uni	10,12	9,47	9,70	9,87	8,45	7,54	7,64	-2,48
Italie	4,41	4,15	4,10	3,92	3,72	3,72	3,41	-1,00
Autre CE-9	8,04	8,74	8,38	7,59	6,84	7,20	7,02	-1,02
Grèce, Portugal, Espagne	0,50	0,65	0,71	0,85	0,91	0,98	1,12	0,62
AELE ^c	7,56	7,53	7,06	6,11	5,53	5,88	5,57	-1,99
Non-OCDE	3,99	5,64	7,61	9,29	12,03	13,70	15,03	11,04
NPI asiatique	0,3	2,28	3,18	4,06	6,05	7,56	8,76	7,46

NPI = nouveaux pays industrialisés (Hong Kong, Corée, Singapour et Taïwan)

a. Chaque chiffre correspond au rapport moyen entre les exportations du pays ou de la région et les exportations totales de produits à haute technologie dans le monde (classification de Guerrieri et Milana) pour chaque sous-période.

b. Neuf pays membres de la Communauté européenne avant l'accession de la Grèce, du Portugal et de l'Espagne (comprend la Belgique, le Danemark, l'Irlande, le Luxembourg et les Pays-Bas en plus des quatre pays mentionnés).

c. Pays de l'Association européenne de libre-échange : Autriche, Islande, Norvège, Suède, Suisse et Finlande (membre associé).

Source : Laura D'Andrea Tyson: *Trade Conflict in High-Technology Industries*, Institut d'économie internationale, Washington, 1992

Puisque la concurrence entre les industries de pointe ne cesse de s'intensifier, il ne suffit plus de mettre les bouchées doubles pour maintenir sa position initiale. Il convient donc de se demander s'il vaut la peine que le pays reste dans la course, si les technologies de pointe revêtent une importance véritable pour la prospérité économique du Canada. Tyson s'est posé la même question du point de vue des États-Unis et a émis les arguments que voici :

- l'expansion des industries à haute technologie suscite des retombées qui profitent à l'économie dans son ensemble et les revenus sociaux de la R et D dépassent les revenus privés;
- ces industries engendrent plus d'emplois et des salaires plus élevés que les autres secteurs de l'économie;
- les industries à haute technologie ont tendance à faire progresser l'innovation et le savoir localement et à accentuer le développement;
- ces industries jouent un rôle essentiel dans la sécurité nationale;
- elles investissent de façon intensive à l'étranger et les entreprises étrangères qui misent beaucoup sur la R et D en font autant aux États-Unis. Le pays d'origine comme le pays hôte pourraient en retirer un avantage, mais Tyson examine aussi le cas où une telle activité pourrait ne pas aller dans l'intérêt du pays hôte.

Sur un plan plus général, au niveau de la haute technologie, la concurrence est souvent du genre « le vainqueur emporte tout ». Les politiques promotionnelles et protectionnistes des gouvernements étrangers peuvent nuire à la prospérité nationale en éloignant des producteurs et lieux de production locaux les industries lucratives aux externalités avantageuses. Inversement, des politiques similaires au pays même peuvent améliorer la prospérité nationale, parfois aux dépens d'autres pays (Tyson, 1992). Cela dit, une politique stratégique consistant à sélectionner et à soutenir les « gagnants » potentiels ne signifie pas que les entreprises concernées remporteront automatiquement la course. Si le Japon et la Corée ont vite connu le succès, certains projets européens comme le Concorde supersonique se sont soldés par un véritable fiasco. L'Airbus, souvent cité en exemple, n'a pas encore engendré de bénéfices, mais l'appareil pourrait s'avérer rentable au bout du compte. Le dossier en faveur d'une politique interventionniste n'est guère très volumineux, mais il existe des cas historiques et une raison d'être théorique étayant l'allégation qu'une telle politique serait préférable à l'approche du « laisser-faire », dans certaines circonstances.

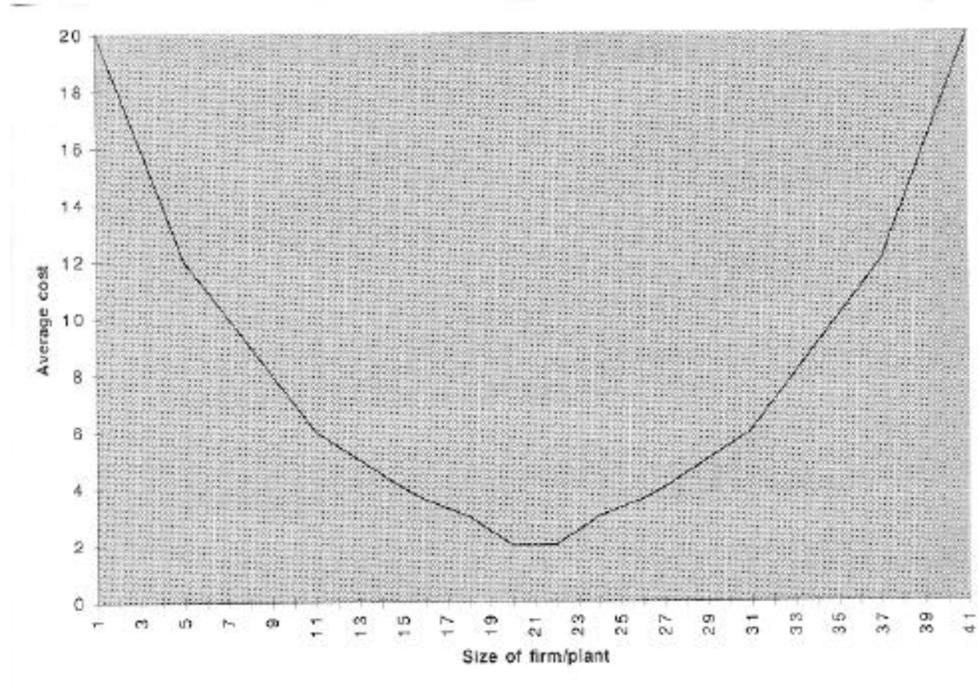
Partie III. La technologie et la croissance au niveau de l'entreprise

3.1 Principales hypothèses de la théorie économique et commerciale et croissance des entreprises

Selon la théorie néoclassique, des facteurs technologiques – en l'occurrence la courbe des coûts moyens à long terme en forme de « U » –, limitent l'essor des entreprises (voir la figure 3.1). En vertu de cette approche, une entreprise ne peut grandir indéfiniment, car surgissent des déséconomies d'échelle. Une concurrence parfaite et des entreprises plus petites devraient donc prévaloir dans la plupart des industries. Ce point de vue néoclassique de l'économie, qui reste le plus courant, a été attaqué sur plusieurs fronts. Edith Penrose (1980) estime qu'il ne devrait pas exister d'obstacle technologique à la croissance des entreprises parce qu'il existe des sociétés

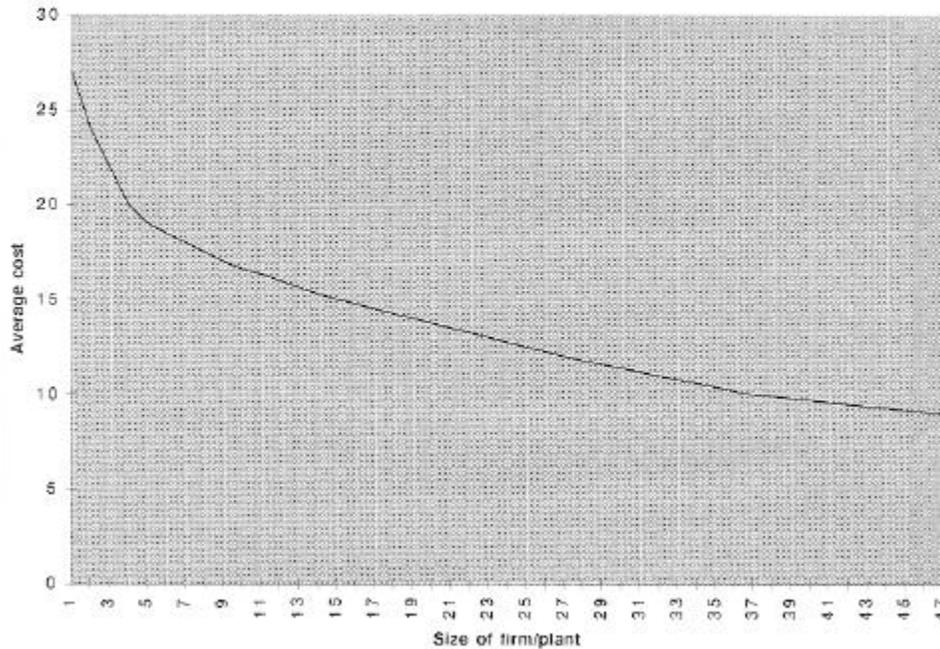
comptant de multiples établissements; au plus, la technologie pourrait limiter la croissance au niveau de l'établissement. Penrose suggère que le principal obstacle à l'essor d'une entreprise à long terme n'est pas tant la courbe des coûts déterminée par la technologie mais bien la disponibilité de gestionnaires compétents, bref la difficulté, pour l'entreprise, de trouver des services de gestion.

Figure 3.1
The U-Shaped Cost Curve



Puisque les observations empiriques montrent que la taille moyenne de l'entreprise ne cesse d'augmenter, de plus en plus d'économistes soutiennent que des rendements d'échelle constants ou décroissants ne constituent pas une hypothèse réaliste. Ils penchent plutôt pour des rendements d'échelle croissants (Arthur, 1994; Foray et Freeman, 1992) (voir la figure 3.2). Si les coûts moyens diminuent avec la taille de l'entreprise, cette dernière peut croître indéfiniment. Ce point de vue diffère radicalement du point de vue néoclassique, et de plus en plus d'industriels et d'économistes évolutionnistes le partagent en se fondant sur leurs études empiriques. L'histoire compte dans cette perspective : être le premier a son importance, car ceux qui réussissent très tôt atteignent des économies d'échelle, acquièrent de l'expérience et peuvent imposer normes et concepts au reste de l'industrie. Des rétroactions positives (causalité cumulative) augmentent les chances qu'un utilisateur adopte une technologie particulière si d'autres l'ont déjà fait (comme cela s'est produit pour les réacteurs nucléaires, les logiciels ou les magnétoscopes VHS). Les erreurs stratégiques des entreprises établies et les changements de paradigme (apparition de nouvelles technologies concurrentes) peuvent néanmoins déloger les innovateurs originaux de leur position dominante. La croissance d'une entreprise n'est pas nécessairement limitée et dépend de plusieurs facteurs, le plus important étant la capacité des arrivants à imposer ou à adopter la technologie appelée à dominer.

Figure 3.2
The Increasing Returns Cost Curve



À ce point, il convient de rappeler les hypothèses divergentes sur le comportement. Dans la théorie néoclassique, l'entreprise qui réussit est celle qui enregistre les meilleurs bénéfices, car ce sont ces bénéfices qui supportent l'épargne et l'investissement. En vertu d'une telle approche, l'entreprise n'a d'autre but que maximiser ses profits. On a cependant montré plus d'une fois qu'une entreprise poursuit divers buts, pas seulement la réalisation de bénéfices à court terme. L'entreprise japonaise, en particulier, croit aux rendements d'échelle croissants. Elle semble préférer étendre sa part du marché et accroître ses ventes, même si elle doit pour cela sacrifier des bénéfices à court terme. Les gestionnaires peuvent aussi encourager la croissance en vue de justifier des salaires plus élevés ou de pousser des rivaux potentiels ou réels à abandonner le marché. Une chose est claire, la croissance paraît figurer très haut dans la liste des objectifs que visent la vaste majorité des entreprises privées.

3.2 L'innovation technologique n'est pas le seul facteur déterminant la croissance de l'entreprise

Une multitude de facteurs interviennent dans la croissance d'une entreprise. L'organisation compte parmi les plus importants. Alfred Chandler a expliqué de façon convaincante que le développement des capacités d'organisation constitue un des principaux éléments de l'essor des entreprises. L'entreprise prospère passe d'une administration centralisée à décentralisée en élargissant son éventail de produits (Chandler, 1990). Celles qui sont incapables de modifier leur structure peuvent connaître un taux de croissance plus faible.

Oliver Williamson soutient que les entreprises croissent parce que le coût des transactions effectuées sur le marché semble dépasser le coût des transactions internes. La croissance se poursuit jusqu'à ce que le coût des modes d'organisation hiérarchiques atteigne une limite qui contraint l'entreprise à revenir aux mécanismes du marché (Williamson, 1975).

Selon Penrose (1980), les limites administratives restent la principale entrave à la croissance de l'entreprise. Lors d'une étude empirique sur l'avènement des grandes sociétés en Angleterre, Hannah (1976) a aussi découvert que ce sont les limites administratives et non les obstacles techniques qui nuisent le plus à l'expansion de l'entreprise.

3.2 L'innovation technologique en tant que déterminant de la croissance

On considère souvent l'innovation technologique comme l'un des principaux paramètres de la croissance de l'entreprise, à cause de son impact sur la technologie des produits et des procédés. L'innovation technologique aide l'entreprise à améliorer la qualité de ses produits, à en présenter de nouveaux sur lesquels elle détiendra temporairement un monopole ou à adapter les produits en vue d'exploiter d'autres créneaux et (ou) segments du marché. Enfin, l'innovation technologique permet à l'entreprise de réduire ses coûts de production, donc d'enregistrer des bénéfices plus lucratifs et de percer sur de nouveaux marchés grâce à des produits moins coûteux.

Dans les années 80, on a noté une vaste tendance à nouer des alliances technologiques et à la collaboration technique entre entreprises de toute taille, dans tous les pays industrialisés (Niosi, 1995). Les raisons expliquant cette réorganisation de l'innovation ne manquent pas, mais les principales sont qu'on voulait réduire le coût et les risques de la R et D, accélérer l'innovation, composer avec une complexité croissante, lancer de nouveaux produits sur le marché et mieux pénétrer les marchés. Si on n'a pu démontrer l'existence d'un lien statistique entre la coopération technologique et la croissance, on sait pertinemment que la majorité des alliances technologiques mettent en cause des entreprises à haute technologie et à forte croissance comme celles de l'électronique, des matériaux de pointe, des produits pharmaceutiques et de la biotechnologie.

Dans la partie qui suit, nous ferons une distinction entre les petites et moyennes entreprises et les grandes sociétés.

3.2.1 Petites et moyennes entreprises (PME)

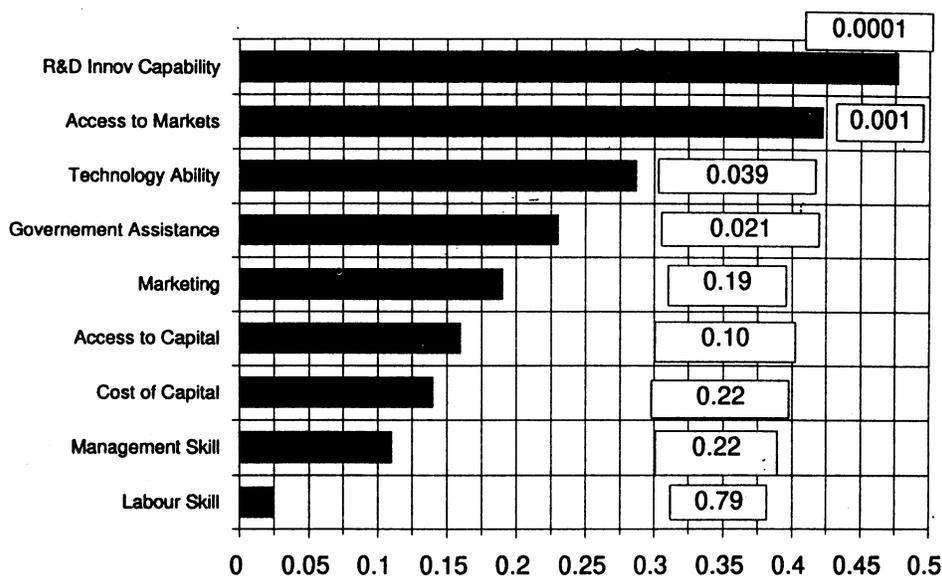
Les PME sont moins susceptibles de poursuivre de la R et D que les sociétés de plus grande envergure. Néanmoins, elles semblent se montrer plus efficaces que les grandes entreprises en tant qu'agents de R et D, bref elles ont tendance à soumettre plus de brevets et plus d'innovations par unité d'entrées investies dans la R et D. Les PME poursuivent aussi souvent de la R et D de manière temporaire, en exploitant les ressources des divers services de l'entreprise. Les statistiques officielles ont donc tendance à sous-estimer l'innovation au sein des petites entreprises (Kleinknecht et Reijnen, 1991).

Parallèlement, les petites et moyennes entreprises connaissent plus de « turbulence » que les grandes. Par turbulence, on entend les déplacements d'entreprises au sein d'une industrie ainsi que les entrées et sorties d'entreprises (Acs et Audretsch, 1990:136). Leur espérance de vie est également plus courte que celle des grandes entreprises. La R et D et l'innovation technologique figurent parmi les facteurs qui expliquent l'essor et la longévité d'une PME.

Lors d'une étude sur le transfert de la technologie à l'étranger, on a constaté que les PME canadiennes au chiffre d'affaires en forte expansion consacrent aussi le plus d'argent à la R et D (de 18 à 21 %) et que celles qui existent depuis très longtemps (de 20 à 24 ans) investissent près de deux fois plus d'argent dans la R et D que l'entreprise canadienne moyenne dans le même secteur (Niosi et Rivard, 1990).

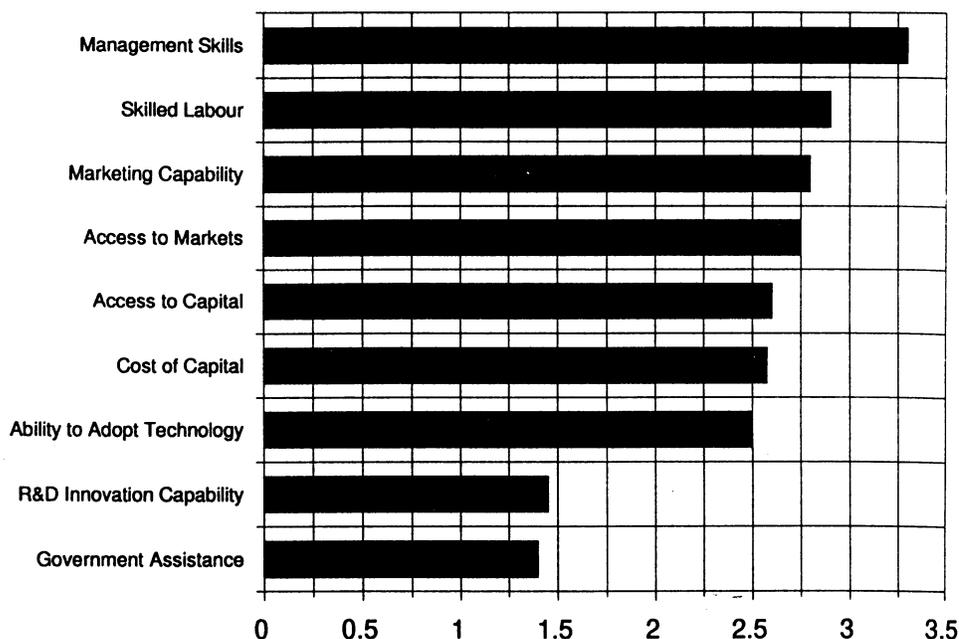
Une étude plus récente analysait les facteurs de croissance des petites et moyennes entreprises canadiennes (moins de 500 employés) qui ont accru leurs ventes entre 1984 et 1988. La capacité d'innover au niveau de la R et D présentait la plus forte corrélation avec l'expansion du chiffre d'affaires (Baldwin, 1996), comme on peut le voir aux tableaux 3.3 et 3.4. Les entreprises les plus florissantes étaient celles qui avaient accru leur capacité d'innovation et adopté une politique d'innovation agressive. Plus précisément, le groupe le plus prospère correspondait à celui dont la stratégie consiste à élaborer une nouvelle technologie, alors que le groupe ayant le moins réussi utilisait la technologie créée par le premier. En outre, une forte proportion des entreprises les plus efficaces poursuivaient de la R et D et l'intensité des efforts à ce titre était supérieure au sein des PME les plus florissantes.

Table 3.3 Success Factors in SMEs



Source : Baldwin (1996)

Table 3.4 Self evaluation of Factors in SMEs Growth



Source : Baldwin (1996)

3.2.2 Grandes entreprises et multinationales

On considère largement que la technologie est un facteur capital dans la croissance et l'internationalisation des grandes sociétés. D'abord, la propension à entreprendre de la R et D est plus notable dans les grandes entreprises que dans les plus petites, conformément à la théorie ultérieure de Schumpeter (Schumpeter, 1942). Une très forte proportion des efforts de R et D d'un pays industrialisé se concentrent aussi dans les grandes entreprises. Ainsi, au Canada, 70 % de la R et D industrielle se répartit entre les 100 plus grandes sociétés (tableau 3.5). On a avancé plusieurs explications à cela. Il se pourrait que certains projets de recherche soient très ambitieux et ne puissent être financièrement entrepris que par de grandes entreprises. La R et D n'allant pas sans risque, les grandes entreprises pourraient également être en mesure de diversifier leurs recherches, donc d'atténuer les risques d'un échec sérieux en la matière. Enfin, les grandes entreprises peuvent disposer d'actifs complémentaires (marketing, fabrication, contentieux, etc.) qui les aideront à mieux exploiter les inventions mises au point par leurs laboratoires (Clark, 1987).

Tableau 3.5
Concentration de la R et D industrielle dans les entreprises,
Canada, 1973 et 1995
(pourcentage des dépenses internes totales réservé à la R et D)

Rang	1973	1995
10 meilleures	35 %	33 %
25 meilleures	51 %	45
50 meilleures	64 %	55 %
75 meilleures	72 %	61 %
100 meilleures	77 %	65 %

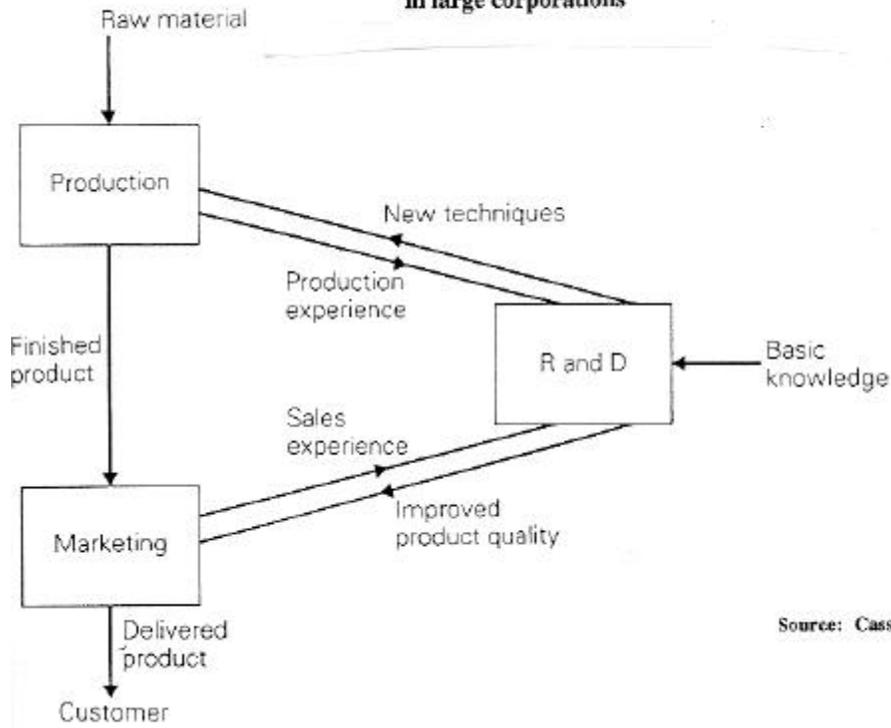
Source : Statistique Canada : Recherche et développement industriels,
Ottawa, n° 88-202 au catalogue, 1985

En deuxième lieu, le processus de l'innovation a eu tendance à accroître la taille des établissements dans la plupart des industries (raffineries, première transformation de métaux non ferreux, pâtes et papier, électricité et semi-conducteurs), donc la taille moyenne de l'entreprise. Dans ces industries, les efforts de R et D des grandes sociétés portent principalement sur les procédés, l'objectif étant de parvenir à des économies d'échelle et d'étendre son pouvoir sur le marché. Cette tendance n'est toutefois pas générale. Dans quelques secteurs (notamment la production d'acier), la technologie des procédés a eu tendance à réduire la taille moyenne des établissements, ce qui a facilité l'arrivée de nouvelles entreprises.

D'autre part, les multinationales sont beaucoup plus portées à poursuivre de la R et D que les entreprises purement nationales. Le fait de détenir des biens intangibles mais susceptibles d'être transférés (le plus important étant la technologie) aide l'entreprise à se lancer dans la production internationale par le truchement de filiales qu'elle implante à l'étranger et qui pourront acquérir et exploiter ces éléments d'actif. Les biens technologiques spéciaux résultent souvent de la recherche et du développement effectués à l'interne; c'est pourquoi les multinationales se montrent souvent très actives sur le plan de la R et D. Environ 40 % des multinationales canadiennes ont obtenu des brevets aux États-Unis, contre 4 % seulement des sociétés industrielles qui limitent leurs opérations au territoire canadien (Niosi, 1996).

Dans les grandes multinationales, on estime souvent que la R et D constitue un des principaux déterminants du taux de croissance de l'entreprise. Ainsi, Casson déclare que si un budget soutenu au niveau de la R et D engendre un flot continu de connaissances, les améliorations qui en découlent sur le plan de la technologie, de la qualité des produits, etc. aideront l'entreprise à élargir peu à peu ses possibilités de marché (en supposant un environnement stable). Il y aura donc création d'un mécanisme d'accélération où le *degré* d'activité en R et D gouvernera le *rythme auquel croîtra* la production (Casson, 1987:21-2)

Figure 3.6
Integration of production, marketing and R&D
in large corporations



Source: Casson (198

4. Conclusion

La technologie est un des principaux paramètres de la croissance, tant au niveau macro-économique qu'au niveau de l'entreprise et de l'industrie. Toutefois, il ne s'agit pas du seul facteur d'expansion de l'économie. Au niveau macro-économique, un usage accru des entrées (surtout le capital et la main-d'oeuvre) explique en bonne partie l'essor d'une économie nationale. L'efficacité des institutions associées à la technologie (laboratoires publics, universités poursuivant des recherches et programmes gouvernementaux soutenant l'innovation) joue aussi un rôle capital dans le potentiel social des entreprises à engendrer et à exploiter la technologie.

Du côté de l'industrie, on peut dire que la technologie figure parmi les principaux facteurs déterminants d'un accroissement de la production. Les industries n'utilisent néanmoins pas toutes la technologie de la même manière. Les secteurs à faible technologie ont tendance à dépenser davantage pour la publicité, la conception et le marketing que pour la R et D lorsqu'ils s'efforcent d'augmenter leurs ventes. Ceux à moyenne technologie investissent habituellement beaucoup dans les immobilisations et leur croissance dépend principalement de l'achat d'équipement supplémentaire, équipement dont une partie peut intégrer les nouvelles technologies de procédés. Enfin, les industries à haute technologie investissent plus dans la recherche et la technologie; ce sont aussi celles qui connaissent les taux de croissance les plus élevés. Le lien entre la technologie et la croissance n'est nulle part plus évident que dans ces nouvelles activités.

Au niveau de l'entreprise, ce sont l'organisation, les talents d'administrateur et la technologie qui expliquent principalement la croissance. Pour les petites et moyennes entreprises comme pour les grandes, on note une forte corrélation entre un taux de croissance élevé et l'investissement dans la R et D. La stratégie technologique semble fortement corrélée à la croissance de l'entreprise.

Bibliographie*

- Abramovitz Moses, (1991): «The Postwar Productivity Spurt and slowdown Factors of Potential and Realisation,» in OECD, Technology and Productivity, the Challenge for Economic Policy, Paris, OECD
- Acs, Zoltan J. and D. B. Audretsch (1990): Innovation and Small Firms, Cambridge, MA, MIT Press.
- Amsden, Alice H. (1989): Asia's Next Giant. South Korea and Late Industrialization, New York, Oxford University Press #
- Arrow, Kenneth(1962):"The Economic Implications of Learning by Doing", Review of Economic Studies, 19, pp.155-173
- Arthur, W.B. (1994): Increasing Returns and Path Dependency in the Economy, Ann Arbor, The University of Michigan Press.
- Baldwin, John (1996): "Innovation and Success in Canada: SMEs" in J. de la Mothe and G. Paquette (eds): Evolutionary Economics and the New International Political Economy, London, Pinter, pp. 238-256.
- Bernstein, Jeffrey, I.,(1994): International R&D Spillovers between Industries in Canada and the United States, Working Paper no. 3, Ottawa, Industry Canada
- Bernstein, J., (1988), Cost of Production, Intra and Interindustry R&D Spillovers: Canadian Evidence, Canadian Journal of Economics,vol.21,no.2,pp.324-347
- Brander, James and Spencer, Barbara, (1985): «Export Subsidies and International Market Share Rivalry,» Jour. of International Economics, 18(1-2), pp.85-100
- Casson, Mark (1987): The Firm and the Market, Cambridge, MA, MIT Press.
- Chandler Jr., Alfred D.(1990): Scale and Scope, Cambridge, MA, Harvard University Press.
- Clark, Roger (1987) Industrial Economics, Oxford, Basil Blackwell
- Conseil Économique du Canada, (1992): Agir ensemble, Productivité, innovation et commerce, Ottawa
- David, Paul, (1991): «Computer and Dynamo. The Modern Productivity Paradox in Not-Too Distant Mirror,» in OECD, Technology and Productivity, the Challenge for Economic Policy, Paris, OECD
- Dosi, Giovanni, (1982): «Technological Paradigms and Technological Trajectories,» Research Policy, 11(3), pp.147-162
- Dosi, G. et al (1988): Technical Change and Economic Theory, London, Pinter.
- Ducharme, L.M.,(1991), Inter-industrial Technology Diffusion: A Macro Analysis of Technical Change in the Canadian Economy, PhD Dissertation, SPRU, University of Sussex, (May)
- Fageberg, Jan, (1994): «Technology and Differences in Growth Rates», The Journal of Econ. Literature, 32 (3), pp. 1147-75
- Foray, Dominique et C. Freeman (eds)(1992): Technologie et richesse des nations, Paris, Économica.
- Freeman, Christopher, (1987): Technology and Economic Performance: Lessons from Japan, London, Pinter publishing
- Freeman, Christopher, (1991): «The Nature of Innovation and the Evolution of the Productive System,» in OECD, Technology and Productivity, the Challenge for Economic Policy, Paris, OECD
- Freeman, Christopher (1987): Technology Policy and Economic Performance, London, Pinter.

- Freeman, Christopher (1988a): "Japan: a new national system of innovation?", in G. Dosi et al. (eds.): Technical Change and Economic Theory, London, Pinter, pp. 330-348.
- Freeman, Christopher (1992): The Economics of Hope. Essays on Technical Change, Economic Growth and the Environment, London, Pinter.
- Globerman, S., (1972), The empirical relationship between R and D and industrial growth in Canada, Applied Economics, 4, pp.181-195
- Globerman, S.,(1979), The foreign direct investment and 'spillover'efficiency benefits in Canadian manufacturing industries, Canadian Jour. of Economics, vol.12, no.1,pp.42-56
- Griliches, Z.,(1994), Productivity, R&D, and the Data Constraint, American Economic Review, (March),pp.1-23
- Grossman, Gene, M. and Helpman, E.,(1994):« Endogenous Innovation in the Theory of Growth,» Jour. of Econ. Perspectives,8(1), (Winter),pp.3-22 #
- Hannah, Leslie (1976): The Rise of the Corporate Economy, London, Methuen.
- Hanel, Petr and Palda, Kristian, (1981): Innovation and Export Performance in Canadian Manufacturing, Ottawa, Economic Council of Canada, Discussion paper no. 209
- Hanel, Petr, (1994) R&D, interindustry and international spillovers of technology and the total factor productivity growth of manufacturing industries in Canada, 1974-1989, Cahier de recherche, Centre interuniversitaire de recherche de la science et de la technologie (CIRST), 1995, l'UQAM, Montréal, In revision for publication in the Canadian Journal of Economics
- Hanel, Petr, (1988), L'Effet des dépenses en R-D sur la productivité du travail au Québec, L'Actualité économique, pp.396-415
- Hanel, Petr, (1976): The relationship existing between the R&D activity of Canadian manufacturing industries and their performance in the international market, Ottawa, Industry, Trade and Commerce, Research Report, Office of Science and Technology, Technological Innovation Studies Program,
- Hufbauer, Garry, C., (1966): Synthetic Materials and the Theory of International Trade, Cambridge, Harvard University Press
- Kaldor, Nicolas (1966): Causes of the slow rate of economic growth of the United Kingdom, An Inaugural lecture, UK, Cambridge University Press
- Kendrick, John, W.,(1981): «International Comparisons of Recent Productivity trends,» in: Essays in contemporary Economic Problems. Ed. William Fellner, Washington, DC, American Enterprise Institute, pp.125-70
- Kleinknecht, A. and J.O.N.Reijnen (1991): « More evidence on undercounting of small firm's R&D» Research Policy, 20,pp.579-598
- Krugman, P.R., (1979): A model of innovation, Technology Transfer, and the World Distribution of Income, Journal of Political Economy, vol.87, no.21
- Lee, Frank C. and Has Handan, (1995), A Quantitative Assessment of High-Knowledge Industries versus Low-Knowledge Industries, Conference on Implications of Knowledge-Based Growth for Micro-Economic Policies, Ottawa, (March 30-31)
- Lithwick, L., (1969) Canada's Science Policy and the Economy, Toronto, Methuen
- Longo, F., (1984) Industrial R&D and Productivity in Canada, Ottawa, Report to the Science Council of Canada
- Lundvall, B.A.(ed), (1992): National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning, London, Pinter.

- Mairesse, Jacques and Mohnen, Pierre, (1995): Research & Development and Productivity, A survey of the econometric literature, Montreal, L'UQAM, Dépt. de sciences économiques, discussion paper
- Mairesse, Jacques et Mohnen, Pierre, (1990): «Recherche-développement et productivité, un survol de la littérature, Économie et Statistique, pp.237-38 and 99-108
- McGuinness, N.W., and Little, B., (1981): «The impact of R&D spending on the foreign sales of new Canadian industrial products, Research Policy, pp.787-98
- Mohnen, Pierre, (1992): The Relationship between R&D and Productivity Growth in Canada and other Major Industrialized Countries, A report to the Economic Council of Canada, Ottawa, Minister of Supply and Services Canada
- Mokyr, Joel (1990): The Lever of Riches. Technological Creativity and Economic Progress, New York, Oxford University Press.
- Mowery, David C. & N. Rosenberg (1989): Technology and the Pursuit of Economic Growth, Cambridge, Cambridge University Press #
- Nelson, Richard R., (1993): National Innovation Systems, a Comparative Study, Oxford, Oxford Univ. Press
- Nelson, Richard R. (1988): "Institutions supporting technical change in the US, in G. Dosi et al (eds): Technical Change and Economic Theory, London, Pinter, pp. 312-329
- Nelson, Richard R. and Romer, Paul, M., (1996): «Science, Economic Growth, and Public Policy, Challenge, (May-April) #
- Nelson, Richard R., and Winter, S., (1982), An Evolutionary Theory of Technological Change, Harvard University Press
- Nelson, Richard R. and Wright, Gavin, (1992), «The Rise and Fall of American Technological Leadership: The Postwar era in Historical Perspective,» Journal of Econ. Literature, (Dec.),30 (2),pp.1931-64
- Niosi, Jorge (1996): The Internationalization of Canadian R&D, unpublished manuscript, 35 pages (submitted for publication).
- Niosi, Jorge et al.(1993): "National Systems of Innovation: In Search of a Workable Concept", Technology in Society, 15, pp. 207-227.
- Niosi, Jorge and Rivard, J., (1990), Canadian Technology Transfer to Developing Countries by Small and Medium Enterprises, World Development, (November), vol.18,No.11, 1529-1542
- OECD, (1995): «The Impact of R&D and Technology Diffusion on Productivity Growth: Evidence from 10 OECD Countries in the 1970s and 1980s», Paper presented by Sakurai N., Papaconstantinou, G. and Ioannidis, E., at the Expert Workshop on Technology, productivity and employment: Macroeconomic and sectoral Evidence, Paris, (19-20 June)
- Palda, Kristian (1993): Innovation Policy and Canada's Competitiveness, Vancouver, The Fraser Institute#
- Patel, Pari and Pavitt, Keith, (1991), Large Firms in the Production of World's Technology:An important Case of 'Non-Globalisation',»J.Int.Bus. Studies, (first Quarter),22 (1),pp.1-21
- Penrose, Edith (1980): The Theory of the Growth of the Firm, Oxford, Basil Blackwell, 2nd. ed. (First edition, 1959).
- Perez, C.,(1983): «Structural Change and the Assimilation of New Technologies in the Economic and Social System», Futures, 15(4), pp.357-375
- Perez, C.,(1985): «Micro-electronics, Long Waves and World Structural Change,» World Development, 13,(3), pp. 441-463

- Posner, M. V (1961): International trade and technical change, Oxford Economic Papers, vol.31.323-341
- Postner, H. and Wesa, L.,(1983), Canadian Productivity Growth: An Alternative (Input-Output) Analysis, Ottawa, Economic Council of Canada
- Romer, Paul M..(1986): «Increasing Returns and Long Term Growth,» Jour. of Polit. Economy (October),94(5),pp.1002--37
- Romer, Paul (1990): "Endogenous Technical Change" in Journal of Political Economy, 98, pp. 71-102.
- Romer, Paul M., (1994): «The origins of Endogenous Growth,» Jour. of Econ. Perspectives, 8(1),(Winter),pp.3-22
- Rosenberg, Nathan et al.(eds.)(1992): Technology and the Wealth of Nations, Stanford, CA, Stanford University Press #
- Sahal, D. (1985): «Technological Guideposts and Innovation Avenues,» Research Policy,14(2), pp.61- 82
- Scherer, Frederick (1984): Innovation and Growth. Schumpeterian Perspectives, Cambridge, MA, MIT Press#
- Schumpeter, Joseph (1942): Capitalism, Socialism and Democracy, London, Allen & Unwin.
- Séguin-Dulude, Louise (1978) «L'effort consacré à la recherche et au développement : un facteur explicatif de la structure et de l'évolution des exportations de pays industrialisés,» L'Actualité Économique, vol.54, pp.21-45
- Siebert, Horst (1991) : A Schumpeterian Model of Growth in the World Economy : Some Notes on a New Paradigm in International Economics, Weltwirtschaftliches Archiv, vol. 127(4),pp.800-812
- Soete, Luc, (1981): «A general Test of Technological Gap Trade Theory,» Welwirtschaftliches Archiv, pp.639-659
- Soete, Luc, (1987): «The impact of technological innovation on international trade patterns:The evidence reconsidered», Research Policy, 16, pp.101-130
- Solow, Robert, (1956): «A Contribution to the Theory of Economic Growth,» Quarterly Jour. of Economics, (Feb.)70, pp.65-94
- Solow, Robert, M., (1994): «Perspectives on Growth Theory,» Jour. of Econ. Perspectives,8(1), (Winter),pp.45-54 #
- Statistics Canada (1995): Industrial R&D Statistics, Ottawa.
- Tassey, Gregory,(1991): «The functions of technology infrastructure in a competitive economy,» Research Policy,(20), pp.3450361
- Tyson, Laura D'Andrea (1992): Who is Bashing Whom? Trade Conflict in High-Technology Industry, Institute for International Economics, Washington
- Vernon, Raymond, (1966): «International Investment and International Trade in the Product Cycle», Quarterly Jour. of Economics, (May) pp.190-207
- Williamson, Oliver (1975): Markets and Hierarchies, New York, Macmillan.

Note : La bibliographie comprend plusieurs références qui n'apparaissent pas dans le corps du texte mais pourraient intéresser le lecteur. Ces références sont suivies d'un #.

Glossaire

Diffusion : propagation d'une innovation au sein d'une population d'utilisateurs potentiels, avec ou sans adaptation, tant sur le plan national qu'international (Freeman et coll., 1982).

Économies d'échelle : économies réalisées lorsque l'expansion d'un établissement fabriquant un seul produit permet de réduire le coût de production ou de distribution unitaire (Chandler, 1990: 17).

Économies de diversification : économies résultant du recours à des procédés qui permettent de fabriquer ou de distribuer plusieurs produits à partir du même établissement (Chandler, 1990: 17).

Invention : idée, concept ou plan primitif d'un nouveau produit, procédé ou système susceptible ou non d'être breveté (Freeman et coll., 1982: 201).

Innovation : introduction d'un nouveau produit, procédé ou système dans les activités commerciales ou sociales habituelles d'un pays (Freeman et coll., 1982: 201).

Brevet (principal) : brevet le plus important à l'égard d'une invention donnée (Freeman et coll., 1982: 201).

Recherche et développement : travail créatif poursuivi de façon méthodique en vue d'augmenter le bagage culturel, notamment améliorer le savoir humain, la culture et la société, ainsi qu'utiliser les nouvelles connaissances pour trouver de nouvelles applications.

Recherche pure : travail expérimental ou théorique principalement effectué en vue d'acquérir de nouvelles connaissances sur les principes régissant des phénomènes remarquables, sans considération des applications spécifiques ou des usages courants éventuels.

Recherche appliquée : recherche originale poursuivie en vue d'étendre les connaissances, mais principalement articulée sur la concrétisation d'un objectif précis d'ordre pratique.

Développement : travail systématique entrepris en fonction des connaissances issues de la recherche et de l'expérience pratique, mais axé sur la production matérielle, sur des biens et des services, sur l'implantation de nouveaux procédés ou sur des systèmes et des procédés déjà en usage (Frascati Manual, OCDE 1993: 19-45).

Productivité totale des facteurs : valeur résiduelle de la croissance économique qu'on ne peut expliquer par une augmentation des entrées de base que sont la main-d'oeuvre et le capital, donc qu'il faut attribuer au progrès de la technologie (OCDE, 1992: 186).

Pour commander des publications cataloguées

On peut se procurer la présente publication et les autres publications auprès des agents autorisés régionaux des librairies de quartier et des bureaux régionaux de Statistique Canada. On peut aussi les commander par la poste en s'adressant à:

Statistique Canada
Division des opérations et de l'intégration
Gestion de la circulation
120, avenue Parkdale
Ottawa, Ontario
K1A 0T6
1(613)951-7277

Commandes (sans frais partout au Canada): 1-800-267-6677
Numéro du télécopieur: 1-(613)-951-1584
Toronto : Carte de crédit seulement (416)973-8018

PUBLICATIONS AU CATALOGUE

Publications statistiques

88-202-XPB Recherche et développement industriels, Perspective 1997 (avec des estimations provisoires pour 1996 et des dépenses réelles pour 1995)

88-204-XPB Activités scientifiques fédérales, 1997-1998 (annuel)

88-001-XPB Statistiques des sciences (mensuel)

Volume 21

No. 1 Activités scientifiques et technologiques (S-T) des administrations provinciales, 1987-1988 à 1995-1996

No. 2 L'effet du pays de contrôle sur l'exécution de la recherche et du développement (R-D) industrielle au Canada, 1993

No. 3 Les organismes provinciaux de recherche, 1995

No. 4 Dépenses de l'administration fédérale au titre des activités scientifiques, 1997-1998

No. 5 Recherche et développement industriels de 1993 à 1997

No. 6 La recherche et le développement (R-D) au titre des logiciels dans l'industrie canadienne, 1995

- No. 7 Répartition provinciale et territoriale des dépenses fédérales dans le domaine des sciences et de la technologie, 1995-1996
- No. 8 Dépenses totales au titre de la recherche et du développement au Canada, 1986 à 1997^e et dans les provinces, 1986 à 1995
- No. 9 Estimation des dépenses au titre de la recherche et du développement dans le secteur de l'enseignement supérieur, 1995-1996
- No. 10 Ressources humaines affectées à la recherche et au développement (R-D) au Canada, 1986 à 1995
- No. 11 Recherche et développement (R-D) en biotechnologie dans l'industrie canadienne en 1995
- No. 12 Dépenses au titre de la recherche et du développement (R-D) pour la protection de l'environnement dans l'industrie canadienne, 1995
- No. 13 Dépenses au titre de la recherche et du développement (R-D) des organismes privés sans but lucratif (OSBL), 1996

DOCUMENTS DE TRAVAIL - 1997

Ces documents de travail sont disponibles à la Section des sciences et de la technologie.
Veuillez contacter:

Section des sciences et de la technologie
Projet de remaniement des sciences et de la technologie
Statistique Canada
Ottawa, Ontario
K1A 0T6

Tél: (613) 951-2595 ou (613) 951-6309

- ST-97-01 Un compendium de statistiques sur les sciences et la technologie, Février 1997
Prix : 75,00 \$
- ST-97-02 Répartition du personnel et des dépenses fédérales dans le domaine des sciences et de la technologie selon la province, 1994-1995, Février 1997
Prix : 75,00 \$
- ST-97-03 Activités scientifiques et technologiques des administrations provinciales, 1989-90 à 1995-96, Mars 1997
Prix : 75,00 \$

- ST-97-04 Dépenses et personnel de l'administration fédérale au titre des activités en sciences naturelles et sociales, 1987-1988 à 1996-1997^c, Mars 1997
Prix : 75,00 \$
- ST-97-05 Transferts de fonds aux fins de la recherche et du développement industriels dans l'industrie canadienne, 1993, Mars 1997
Prix : 75,00 \$
- ST-97-06 Estimation des dépenses au titre de la recherche et du développement dans le secteur de l'enseignement supérieur, 1995-1996, Août 1997
Prix : 75,00 \$
- ST-97-07 Estimations des dépenses canadiennes au titre de la recherche et du développement (DIRD), Canada, 1986 à 1987 et selon la province, 1986 à 1995, Août 1997
Prix : 75,00 \$
- ST-97-08 Dépenses et personnel de l'administration fédérale au titre des activités en sciences naturelles et sociales, 1988-89 à 1997-1998^c, Juillet 1997
Prix : 75,00 \$
- ST-97-09 La fiscalité de la recherche et du développement au Canada : Comparaison interprovinciale, Septembre 1997
Prix : 75,00 \$
- ST-97-10 Répartition du personnel et des dépenses fédérales dans le domaine des sciences et de la technologie selon la province, 1987-1988 à 1995-1996, Octobre 1997
Prix : 75,00 \$
- ST-97-11 Commercialisation de la propriété intellectuelle dans le secteur de l'enseignement supérieur : Une étude de faisabilité, Octobre 1997
Prix : 75,00 \$
- ST-97-12 Données démographiques sur les entreprises en tant qu'indicateurs de l'activité novatrice, Octobre 1997
Prix : 75,00 \$
- ST-97-13 Méthodologie des estimations relatives au personnel en R-D de l'enseignement supérieur, Novembre 1997
Prix : 75,00 \$
- ST-97-14 Méthodologie des estimations de ressources humaines affectées à la recherche et au développement au Canada, 1979-95, Novembre 1997
Prix : 75,00 \$

DOCUMENTS DE TRAVAIL - 1998

- ST-98-01 Un compendium de statistiques sur les sciences et la technologie, Février 1998
Prix : 75,00 \$
- ST-98-02 Exportations et emploi connexe dans les industries canadiennes, Février 1998
Prix : 75,00 \$
- ST-98-03 Création d'emplois, suppression d'emplois et redistribution des emplois dans l'économie canadienne, Février 1998
Prix : 75,00 \$
- ST-98-04 Une analyse dynamique des flux de diplômés en sciences et technologie sur le marché du travail au Canada, Février 1998
Prix : 75,00 \$
- ST-98-05 Utilisation des biotechnologies par l'industrie canadienne – 1996, Mars 1998
Prix : 75,00 \$
- ST-98-06 Survol des indicateurs statistiques de l'innovation dans les régions du Canada : Comparaisons des provinces, Mars 1998
Prix : 75,00 \$

LISTE DE DOCUMENTS DE RECHERCHE DÉJÀ PARUS

- No. 1 : L'État des indicateurs scientifiques et technologiques dans les pays de l'OCDE, par Benoît Godin, août 1996
- No. 2 : Le savoir en tant que pouvoir d'action, par Nico Stehr, juin 1996
- No. 3 : Coupler la condition des travailleurs à l'évolution des pratiques de l'employeur : l'Enquête expérimentale sur le milieu de travail et les employés, par Garnett Picot et Ted Wannell, juin 1996
- No. 4 : Peut-on mesurer les coûts et les avantages de la recherche en santé? par M.B. Wilk, février 1997
- No. 5 La technologie et la croissance économique : survol de la littérature, par Petr Hanel et Jorge Niosi, avril 1998