

DOCUMENT DE TRAVAIL

**TECHNOLOGIE DE L'INFORMATION
ET CROISSANCE DE LA PRODUCTIVITÉ
DU TRAVAIL : ANALYSE EMPIRIQUE
DE LA SITUATION AU CANADA
ET AUX ÉTATS-UNIS**

*Document de travail n° 20
Mars 1998*



Industrie Canada Industry Canada

DOCUMENT DE TRAVAIL

**TECHNOLOGIE DE L'INFORMATION
ET CROISSANCE DE LA PRODUCTIVITÉ
DU TRAVAIL : ANALYSE EMPIRIQUE
DE LA SITUATION AU CANADA
ET AUX ÉTATS-UNIS**

*par Surendra Gera, Wulong Gu et Frank C. Lee,
Industrie Canada*

*Document de travail n° 20
Mars 1998*

Also available in English

Données de catalogage avant publication (Canada)

Gera, Surendra

Technologie de l'information et croissance de la productivité du travail :
analyse empirique de la situation au Canada et aux États-Unis

(Document de travail ; n° 20)

Texte en français et en anglais disposé tête-bêche.

Titre de la p. de t. addit. : Information Technology and Labour Productivity Growth.

Comprend des références bibliographiques.

ISBN 0-662-63436-5

N° de cat. C21-24/20-1998

1. Technologie de l'information – Productivité – Canada.
2. Technologie de l'information – Productivité – États-Unis.
3. Technologie, Transfert de la – Canada.
4. Technologie, Transfert de la – États-Unis.
- I. Gu, Wulong, 1964-
- II. Lee, Frank C. (Frank Chung)
- III. Canada. Industrie Canada.
- IV. Titre.
- V. Coll. : Document de travail (Canada. Industrie Canada).

HC79.I55S87 1998

338.06'0971

C98-980072-5F

REMERCIEMENTS

Pour les nombreux conseils utiles et stimulants qu'ils nous ont offerts, nous tenons à remercier Jeffrey Bernstein, Helena Borges, Denis Gauthier, Zhengxi Lin, Pierre Mohnen, Serge Nadeau, Keith Newton, Larry Rosenblum, deux lecteurs anonymes ainsi que les participants à un séminaire d'Industrie Canada, à un atelier de travail préparatoire à la conférence du Centre d'étude sur le niveau de vie et à la conférence du CENV sur le paradoxe de la productivité et la productivité dans le secteur des services. Les auteurs assument l'entière responsabilité de toute erreur ou omission qui pourrait subsister.

Les opinions exprimées dans ce document de travail ne reflètent pas nécessairement celles d'Industrie Canada ou du gouvernement fédéral.

Vous trouverez, à la fin du présent ouvrage, des renseignements sur les documents publiés dans le cadre du Programme des publications de recherche et sur la façon d'en obtenir des exemplaires. Des sommaires des documents de recherche, des documents de travail, des documents hors série et des documents de discussion d'Industrie Canada, ainsi que le texte intégral de notre bulletin trimestriel, *MICRO*, peuvent être consultés sur STRATEGIS, le service d'information commerciale en direct du Ministère, à l'adresse <http://strategis.ic.gc.ca>.

Prière d'adresser tout commentaire à :

Someshwar Rao

Directeur

Analyse des investissements stratégiques

Analyse de la politique micro-économique

Industrie Canada

5e étage, tour ouest

235, rue Queen

Ottawa (Ontario) K1A 0H5

Téléphone : (613) 941-8187; télécopieur : (613) 991-1261; courrier électronique : rao.someshwar@ic.gc.ca

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	i
1. INTRODUCTION	1
2. SURVOL DE LA DOCUMENTATION DISPONIBLE	5
TI et productivité	5
Retombées de la R-D nationale et internationale et croissance de la productivité	7
3. CADRE EMPIRIQUE.....	9
Le modèle empirique.....	9
Mesure des retombées de la R-D.....	10
4. LES DONNÉES ET LES TENDANCES	13
Croissance de la productivité du travail	13
Investissement en TI.....	15
La recherche-développement	19
5. ANALYSE DE RÉGRESSION	27
Résultats des régressions pour le Canada	27
Résultats des régressions pour les États-Unis	31
Commentaires sur les résultats	33
6. RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS	35
NOTES	37
APPENDICE A : MODÈLE EMPIRIQUE PERMETTANT DE RELIER LA PRODUCTIVITÉ À L'INVESTISSEMENT ET À LA TECHNOLOGIE	41
APPENDICE B : SOURCES DE DONNÉES ET DÉFINITIONS	43
BIBLIOGRAPHIE	49
PUBLICATIONS DE RECHERCHE D'INDUSTRIE CANADA	49

RÉSUMÉ

Dans quelle mesure les investissements dans les technologies de l'information (TI) ont-ils contribué à l'augmentation de la productivité du travail? Les retombées de la R-D nationale et internationale attribuables aux TI sont-elles importantes pour la croissance de la productivité du travail? Dans cette étude, nous examinons ces questions pour le Canada et les États-Unis, en utilisant un ensemble de bases de données de l'OCDE. Nous parvenons aux conclusions suivantes : Premièrement, les investissements en TI sont une source importante de croissance de la productivité du travail dans les industries canadiennes. Deuxièmement, les retombées de la R-D au Canada sont surtout d'origine internationale. Troisièmement, en ce qui a trait à l'incidence des retombées de la R-D internationale sur la croissance de la productivité, celles qui émanent des importations de TI sont beaucoup plus importantes que celles qui découlent des autres importations. Enfin, les investissements en TI et les retombées de la R-D internationale intégrée aux importations de TI ont des effets positifs et significatifs sur la croissance de la productivité du travail dans les industries américaines, mais les résultats sont moins robustes que ceux obtenus pour le Canada.

1. INTRODUCTION

« Si le développement de l'automobile s'était fait à un rythme aussi rapide que celui des microprocesseurs pendant les deux dernières décennies, une voiture ordinaire coûterait maintenant moins de 5 \$ et pourrait parcourir 250 000 milles avec un gallon d'essence ».

The Economist, le 28 septembre 1996

Pendant les deux dernières décennies, l'utilisation des technologies de l'information (TI)¹ est devenue plus intensive dans la plupart des pays industrialisés, de sorte que les dépenses liées à l'achat de produits connexes aux TI se sont accrues de façon spectaculaire. Tous les secteurs de l'économie ont connu des changements importants dans la façon dont les biens et les services sont produits et expédiés par suite de la diffusion et de l'utilisation accrues des technologies de l'information. En particulier, de nombreux services, tels que les finances, l'assurance et l'immobilier, le commerce de gros et de détail, les communications et les services commerciaux, se sont révélés d'importants utilisateurs de ces technologies. Deux forces interdépendantes ont contribué à ces tendances. Premièrement, les coûts de traitement de l'information et des communications ont chuté de façon spectaculaire – ces services coûtent maintenant 1/10 000 de ce qu'ils coûtaient il y a à peine 20 ans – et cette tendance a contribué à accélérer et à accentuer le processus de mondialisation. Deuxièmement, la mondialisation a eu pour effet de favoriser le progrès technique en intensifiant la concurrence et en accélérant la diffusion de la technologie par l'intermédiaire du commerce international et de l'investissement étranger direct (IED).

Mais parallèlement, la croissance globale de la productivité dans les économies de l'OCDE a ralenti considérablement depuis le début des années 70. La baisse a été particulièrement prononcée dans le secteur des services, qui absorbe presque 80 p. 100 des produits des TI. Plusieurs observateurs se sont interrogés sur les répercussions des investissements en TI pour la croissance de la productivité.

Sur le plan théorique, la nouvelle théorie de la croissance prévoit que les investissements matériels devraient avoir une incidence sur la croissance de la productivité supérieure à celle qu'indique la comptabilité traditionnelle de la croissance, en raison des externalités positives liées à ces activités. Selon les travaux de Romer (1986) et de Grossman et Helpman (1991), les « retombées du savoir » sont à l'origine de ces externalités – l'augmentation des investissements matériels des entreprises qui cherchent à maximiser leurs bénéfices contribue à accroître le stock de connaissances dans lequel d'autres entreprises peuvent puiser par la suite. D'après l'étude de De Long et Summers (1991), les externalités liées aux investissements découlent d'un « effet d'apprentissage par la pratique » – les travailleurs et les gestionnaires acquièrent de nouvelles compétences et se familiarisent avec des techniques de production plus efficaces en utilisant l'outillage nouvellement installé. Ces modèles permettent de croire que le secteur des TI, qui s'est révélé l'un des secteurs les plus dynamiques de l'économie sur le plan technologique au cours des 20 dernières années, a probablement un plus grand impact sur la croissance de la productivité que tout autre secteur.

Jusqu'à tout récemment, toutefois, peu de preuves empiriques avaient pu être accumulées pour démontrer que le capital en TI contribuait à accélérer la croissance de la productivité et de la production² et, pour cette raison, le « paradoxe de la productivité » a fait l'objet d'un débat animé (voir, notamment, Brynjolfsson, 1992, Meijl, 1995, et la section suivante de notre étude pour une analyse de cette question). À cet égard, deux études récentes réalisées à partir de données américaines méritent d'être mentionnées. Berndt et Morrison (1995) ont analysé l'incidence de dépenses d'investissement en bureautique et en technologies de l'information dans diverses industries manufacturières, entre 1968 et 1986, réparties selon la classification industrielle à deux chiffres. Les auteurs ont constaté qu'il y avait une corrélation négative entre les investissements dans les technologies de pointe et la croissance de la productivité multifactorielle et que ces investissements avaient tendance à utiliser un fort coefficient de main-d'oeuvre. Toutefois, ils ont aussi décelé que les industries ayant une proportion élevée de capital de haute technologie avaient une performance économique supérieure. Par contre, Brynjolfsson et Hitt (1995) ont soutenu que les TI étaient devenues un investissement productif pour de nombreuses entreprises. À partir de données englobant un grand nombre d'entreprises sur la période 1988-1992, ils ont conclu que, même si des « effets à l'échelle des entreprises » pouvaient expliquer jusqu'à la moitié des gains de productivité attribuables aux TI dans des études antérieures, l'élasticité des TI demeurait positive et statistiquement significative.

Mais aucune de ces études n'a tenu compte des retombées de la R-D nationale et internationale provenant du secteur des TI dans l'analyse du lien entre les investissements en TI et l'augmentation de la productivité du travail³. L'omission de cette variable dans le cas d'une petite économie ouverte comme celle du Canada, qui est largement tributaire du commerce international et de l'IED, pourrait fausser les résultats. En fait, Bernstein (1996*a, b*) a pu confirmer l'importance des retombées internationales pour le Canada. Il a conclu dans son étude que les industries canadiennes profitaient des retombées de la R-D effectuée aux États-Unis. Des études récentes ont aussi permis de déceler la présence de retombées de la R-D nationale et internationale en provenance du secteur des TI (voir, notamment, Bernstein, 1996*b*, Meijl, 1995, et Sakurai et coll., 1996).

Dans la foulée de ces études, nous avons mis au point un cadre empirique qui nous a permis de faire une estimation du rapport entre les investissements en TI et la croissance de la productivité du travail au Canada et aux États-Unis. Le cadre utilisé tient compte aussi des retombées de la R-D attribuables aux TI et aux autres investissements d'origine locale et étrangère.

Notre étude vise un double objectif :

- examiner le rapport entre les investissements en TI et la croissance de la productivité du travail; et
- analyser l'importance pour l'augmentation de la productivité du travail des retombées de la R-D nationale et internationale intégrée aux produits des TI.

Nous étudions ces questions à l'aide d'un ensemble de bases de données de l'OCDE pour le Canada et les États-Unis. Nous avons trouvé un solide fondement empirique à la proposition selon laquelle les investissements en TI et les retombées de la R-D internationale, notamment celle intégrée aux importations de TI, contribuaient à accélérer la croissance de la productivité du travail dans les industries canadiennes. Toutefois, les résultats sont généralement moins robustes dans le cas des États-Unis.

Nous enchaînons dans la section suivante avec un bref survol de la documentation existante. Dans la troisième section, nous présentons une description du modèle empirique utilisé pour calculer nos estimations. La quatrième section donne un aperçu général des données et des tendances générales observées. Dans la cinquième section, nous présentons les résultats des régressions pour le Canada et les États-Unis. Enfin, nous tirons des conclusions dans la dernière section en examinant certaines questions stratégiques soulevées par l'analyse.

2. SURVOL DE LA DOCUMENTATION DISPONIBLE

Dans cette section, nous donnons un bref aperçu de certaines des études empiriques les plus récentes dans lesquelles les auteurs ont mis l'accent sur les questions qui nous intéressent, notamment le rapport entre les dépenses d'investissement en TI et la croissance de la productivité et l'importance des retombées de la R-D nationale et internationale pour l'augmentation de la productivité.

TI et productivité⁴

Jusqu'à tout récemment, on ne disposait que de très peu de données empiriques montrant que les TI contribuent à stimuler la croissance de la productivité à l'échelle de l'industrie. Les études suivantes méritent notamment d'être mentionnées.

Morrison et Berndt (1991) ont utilisé une série de modèles de production hautement paramétriques pour analyser des industries manufacturières américaines ventilées selon une classification industrielle à deux chiffres au cours de la période 1968-1986. Ils ont conclu que les avantages marginaux des dépenses d'investissement en TI étaient inférieurs aux coûts marginaux, ce qui indique qu'il y avait un surinvestissement général dans les TI. Dans une étude subséquente, Berndt et Morrison (1995) ont utilisé essentiellement les mêmes données, mais en adoptant une démarche moins structurée, pour considérer la corrélation générale entre les TI et deux mesures de productivité (productivité du travail et productivité multifactorielle) et d'autres variables. Ils ont constaté qu'il y avait une corrélation négative statistiquement significative entre l'augmentation de la productivité et l'intensité en TI du stock de capital sur la base d'une analyse de séries chronologiques⁵. Toutefois, les auteurs ont indiqué que la corrélation négative était peut-être attribuable à des problèmes de mesure découlant du fait qu'ils n'ont pas tenu compte des changements de qualité survenus au niveau de la production.

Par ailleurs, Siegel et Griliches (1991) ont mesuré une corrélation positive et statistiquement significative entre la croissance de la productivité totale des facteurs et le taux d'investissement dans les ordinateurs pendant les années 80. Les auteurs ont cependant émis des réserves au sujet de la fiabilité des données.

Plusieurs études empiriques récentes fondées sur des données à l'échelle de l'entreprise ont permis de confirmer l'existence d'une corrélation positive et statistiquement significative entre les TI et la productivité. Brynjolfsson et Hitt (1995) ont utilisé un ensemble de données englobant 300 des plus grandes entreprises de l'économie américaine pour la période 1988-1992 et ils ont introduit trois nouveautés dans leur méthodologie d'estimation : 1) ils ont neutralisé les écarts de productivité entre les entreprises en utilisant une spécification tenant compte des « effets à l'échelle de l'entreprise »; 2) ils ont utilisé une fonction de production logarithmique dont la forme est moins restrictive qu'une fonction Cobb-Douglas; 3) ils ont fait en sorte que tous les paramètres puissent varier entre les divers sous-secteurs de l'économie. Les résultats de l'étude indiquent que l'élasticité des TI demeure positive et statistiquement significative. De plus, il semble que les « effets à l'échelle de l'entreprise » jouent un rôle hautement

significatif. Les auteurs laissent entendre que ces effets pourraient contribuer jusqu'à la moitié des gains de productivité attribués aux TI dans les études antérieures. Lichtenberg (1993) a obtenu des résultats semblables en utilisant les mêmes données ainsi que d'autres ensembles de données. De fait, l'étude a révélé que le produit marginal des TI était au moins six fois plus élevé que le produit marginal des autres types de capital.

Par ailleurs, Loveman (1994) a estimé une fonction de production Cobb-Douglas en utilisant un ensemble de données qui comprenait 60 unités commerciales de grandes entreprises entre 1978 et 1984 et il n'a décelé aucune preuve empirique de gains de productivité importants attribuables aux dépenses d'investissement en TI.

En somme, les études empiriques sur les TI et la productivité réalisées à partir de données à l'échelle de l'industrie semblent donner des résultats partagés. Mais les études fondées sur une méthodologie améliorée à l'échelle de l'entreprise, comme celle de Brynjolfsson et Hitt (1995), font état d'une corrélation positive entre les TI et la croissance de la productivité aux États-Unis.

Retombées de la R-D nationale et internationale et croissance de la productivité⁶

Le nombre d'études empiriques portant sur les retombées de la R-D nationale et internationale est très élevé, ce qui témoigne de l'importance de ce facteur pour la croissance économique. Notre objectif ne vise pas à passer en revue un grand nombre d'études mais plutôt à mettre l'accent sur des études très récentes, notamment celles qui s'intéressent aux retombées nationales et internationales, puisqu'elles sont les plus pertinentes pour notre étude.

Coe, Helpman et Hoffmaister (1997) ont analysé le dynamisme relatif des retombées de la R-D en provenance des pays industrialisés du Nord vers les pays en développement du Sud. Les données regroupent des observations pour 77 pays en développement et 22 pays industrialisés durant la période 1971-1990. L'étude s'appuie sur l'hypothèse que le commerce international avec un pays industrialisé joue un rôle important comme voie de transmission des retombées de la R-D vers les pays moins développés. Les auteurs ont constaté que les retombées de la R-D de l'hémisphère Nord vers l'hémisphère Sud sont considérables et significatives. Ainsi, un ajout de 100 dollars américains au stock national de capital en R-D du Japon ou des États-Unis a pour effet de faire hausser le PIB des pays en développement en tant que groupe de près de 25 dollars.

Auparavant, Coe et Helpman (1995) avaient aussi mesuré les retombées de la R-D internationale en utilisant des données par pays. Dans leur étude, les auteurs ont évalué les effets du capital en R-D – directe et importée – d'un pays sur la productivité totale des facteurs. Ils ont conclu que les retombées de la R-D internationale étaient importantes et significatives. Ils ont aussi observé que l'élasticité des retombées de la R-D internationale par rapport à la production était presque identique à celle des retombées intérieures. De plus, les auteurs ont constaté que l'incidence de la R-D étrangère s'accroissait avec le temps et qu'elle était plus élevée dans les pays de plus petite taille.

Une étude récente (Branstetter, 1996) a mis en relief certaines lacunes importantes de ces études en ce qui concerne leur estimation des effets des retombées de la R-D nationale et internationale. Cette étude présente des estimations de l'incidence des retombées de la R-D intranationale et internationale sur l'innovation et la productivité à l'échelle de l'entreprise, obtenues à l'aide de données par panel non utilisées auparavant dans cinq secteurs à forte intensité de R-D aux États-Unis et au Japon. L'étude a permis de déceler des preuves solides à l'effet que les retombées nationales surpassent les retombées internationales. Une caractéristique importante de cette étude est qu'elle mesure les retombées de la R-D en déterminant la proximité technologique des entreprises, comme l'ont proposé Griliches (1979) et Jaffe (1986) dans des études antérieures. La proximité technologique des entreprises est essentiellement une mesure de leur similitude au niveau de la répartition des efforts de recherche entre divers champs technologiques. En général, une entreprise bénéficiera davantage des retombées de la R-D provenant d'entreprises dont les programmes de recherche sont semblables aux siens⁷.

Jusqu'à tout récemment, très peu d'études ont réussi à évaluer l'effet des retombées de la R-D internationale attribuables aux TI sur la croissance de la productivité. S'appuyant sur une méthodologie mise au point par Coe et Helpman (1995), les auteurs d'une étude récente de l'OCDE (Sakurai et coll., 1996) ont analysé les liens entre la R-D, la diffusion des technologies et la croissance de la productivité dans 10 pays de l'OCDE. L'étude indique que la grappe d'industries des TI a joué un rôle majeur en ce qui concerne la création et l'acquisition de technologies nouvelles. Le secteur des services de TI au Canada et dans de petites économies européennes a notamment affiché des gains provenant des retombées de la R-D internationale plus élevés que ceux d'origine intérieure, tandis que la R-D intérieure était plus importante aux États-Unis, au Japon et en Allemagne.

En outre, Meijl et Soete (1995) et Meijl (1995) ont analysé la diffusion de la technologie par l'intermédiaire de l'achat de produits des TI dans les industries françaises durant la période 1978-1992. Il ressort de ces études que les retombées liées aux TI furent importantes pour la croissance de la productivité et que l'incidence mesurée s'est accrue rapidement au fil du temps.

Enfin, Bernstein (1996) a analysé l'apport des retombées de la R-D provenant de l'industrie du matériel de communications et du secteur manufacturier américain à l'augmentation de la productivité dans le secteur manufacturier canadien durant la période 1966-1991. Les résultats de l'étude indiquent que 1) les retombées de la R-D en provenance de l'industrie du matériel de communications ont contribué de façon significative à la croissance de la productivité dans le secteur manufacturier – environ 8,5 p. 100 du taux annuel moyen de croissance de la productivité dans l'industrie manufacturière serait attribuable aux retombées provenant de l'industrie du matériel de communications; 2) cet apport s'est accru pendant la période postérieure à 1973, au moment où se produisait un ralentissement de la productivité; 3) l'apport des retombées de la R-D provenant du secteur manufacturier américain a joué un rôle considérable à cet égard, car il a contribué à 76 p. 100 du taux de croissance annuel moyen de la productivité dans le secteur manufacturier canadien; 4) le taux de rendement social du

capital de R-D de l'industrie canadienne du matériel de communications est évalué à 55 p. 100.

3. CADRE EMPIRIQUE

Dans cette section, nous présentons d'abord le modèle empirique utilisé pour évaluer l'effet des investissements en TI et de la R-D intégrée aux produits des TI sur l'augmentation de la productivité du travail dans des industries canadiennes et américaines. Par la suite, nous analysons la méthodologie employée pour définir les variables qui ont servi à mesurer les retombées de la R-D.

Le modèle empirique

Nous supposons que le processus de production peut être modélisé à l'aide d'une fonction de production Cobb-Douglas dans laquelle on établit une distinction entre la R-D directe et la R-D intégrée aux biens et services achetés sur le marché local et à l'étranger. Plus, précisément, la production de l'industrie i (Y_i) est fonction du facteur travail (L_i), du capital sous forme de TI (K_{1i}), d'éléments de capital autres que les TI (K_{2i}), du capital sous forme de R-D directe (R_i), du capital sous forme de R-D intégrée aux biens et services achetés sur le marché local (S_{di}) et du capital sous forme de R-D intégrée aux importations (S_{fi}) :

$$(1) \quad Y_i = L_i^{\alpha_1} K_{1i}^{\alpha_2} K_{2i}^{\alpha_3} R_i^{\alpha_4} S_{di}^{\alpha_5} S_{fi}^{\alpha_6} e^{\alpha_0 t},$$

dans laquelle α_1, α_2 et α_3 sont les élasticités du facteur travail par rapport à la production, du capital sous forme de TI et d'éléments de capital autres que les TI, respectivement⁸; α_4, α_5 et α_6 représentent les élasticités par rapport à la production du capital sous forme de R-D directe, du capital sous forme de R-D intégrée aux biens et services achetés sur le marché local et du capital sous forme de R-D intégrée aux importations, respectivement, tandis que α_0 représente le taux de progrès technique pur.

À partir de l'équation (1), nous pouvons dériver l'équation suivante, qui permet d'exprimer le taux de croissance de la productivité du travail de l'industrie i en fonction du taux de croissance du facteur travail et des taux d'investissement dans divers types de capital⁹ :

$$(2) \quad \left(\frac{\dot{y}}{y}\right)_i = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{\dot{L}}{L}\right)_i + \beta_2 \left(\frac{\dot{K}_1}{Y}\right)_i + \beta_3 \left(\frac{\dot{K}_2}{Y}\right)_i + \beta_4 \left(\frac{\dot{R}}{Y}\right)_i + \beta_5 \left(\frac{\dot{S}_d}{Y}\right)_i + \beta_6 \left(\frac{\dot{S}_f}{Y}\right)_i + \varepsilon_i,$$

dans laquelle $(\dot{y}/y)_i$ est la croissance de la productivité du travail dans l'industrie i ; $(\dot{L}/L)_i$ est le taux de croissance du facteur travail dans l'industrie i ; \dot{K}_{1i} est

l'investissement net en capital physique sous forme de TI; \dot{K}_{2i} est l'investissement net en capital physique sous des formes autres que les TI; \dot{R}_i est l'investissement net en capital sous forme de R-D directe; \dot{S}_{di} est l'investissement net en capital sous forme de R-D intégrée aux biens et services achetés sur le marché intérieur; \dot{S}_{fi} est l'investissement net en capital sous forme de R-D intégrée aux produits et services importés; et ε_i est le terme résiduel.

Dans l'équation (2), les coefficients β_2 à β_6 représentent les taux de rendement sur les divers types de capital et sur les retombées; β_0 est le taux de progrès technique pur; enfin, β_1 représente l'élasticité du facteur travail par rapport à la production moins un, soit $(\alpha_1 - 1)$.

Mesure des retombées de la R-D

Nous analysons ici la méthodologie utilisée pour définir les variables des retombées de la R-D. À l'instar de Griliches (1979), nous supposons que les dépenses en R-D représentent un indicateur approximatif de la technologie. Nous supposons aussi que les flux de transactions sectorielles sont des mécanismes de diffusion de la technologie, comme l'ont fait Sakurai et coll. (1996) dans leurs travaux.

La R-D intégrée aux biens et services achetés par l'industrie i sur le marché local est calculée en prenant la somme pondérée des intensités en R-D de l'ensemble des industries, les facteurs de pondération étant la quantité de biens et services que l'industrie i achète auprès des autres industries. Supposons que \dot{R}_j désigne les dépenses réelles en R-D de l'industrie j , que Y_j représente sa production et que X_{ji} est la quantité des biens et services produits localement que l'industrie i achète de l'industrie j . On peut alors spécifier les retombées de la R-D – la R-D intégrée aux biens et services achetés sur le marché local (\dot{S}_{di}) – à l'aide de l'expression suivante¹⁰ :

$$(3) \quad \dot{S}_{di} = \sum_j X_{ji} \left(\frac{\dot{R}_j}{Y_j} \right).$$

Puis, nous introduisons un autre élément dans l'équation (3) en établissant une distinction entre la R-D intégrée aux produits des TI achetés sur le marché local et celle des produits et services ne comportant pas de TI. Ainsi, la R-D intégrée aux produits des TI achetés sur le marché local par une industrie est calculée en prenant la somme pondérée des intensités en R-D des industries locales qui fabriquent des produits des TI, dans laquelle les facteurs de pondération sont les achats locaux de produits des TI.

De même, la R-D intégrée aux importations de l'industrie i , \dot{S}_{fi} dans l'équation (2), est calculée en prenant la somme pondérée des intensités en R-D des industries à l'étranger, dans laquelle les facteurs de pondération sont les achats de produits importés :

$$(4) \quad \dot{S}_{fi} = \sum_j \sum_k M_{ji} \alpha_{jk} \left(\frac{\dot{R}}{Y} \right)_{jk},$$

et M_{ji} est la quantité totale de biens (ou de services) j importée par l'industrie i , α_{jk} est la part des importations de produits (ou de services) j du pays k , $M_{ji} \alpha_{jk}$ est la quantité de biens (ou de services) j que l'industrie i importe du pays k et $\left(\frac{\dot{R}}{Y} \right)_{jk}$ est le taux d'investissement en R-D de l'industrie qui fabrique les produits (ou services) j dans le pays k .

Une hypothèse clé qui sous-tend notre estimation de la R-D intégrée aux produits achetés à l'étranger est celle de la « proportionnalité des importations ». Ce que les données nous permettent d'observer (base de données de l'OCDE sur les échanges bilatéraux), c'est la part des importations d'un bien par un pays selon le pays d'origine. Nous supposons que cette part des importations est la même pour toutes les industries. Par exemple, si 80 p. 100 des importations canadiennes d'ordinateurs proviennent des États-Unis, nous supposons que les ordinateurs importés des États-Unis représentent 80 p. 100 de tous les ordinateurs utilisés par chacune des industries canadiennes.

Par la suite, nous avons utilisé l'équation (4) pour séparer la R-D intégrée aux importations de TI de celle intégrée aux importations ne comportant pas de TI.

Dans notre étude, nous supposons que les sources de retombées de la R-D internationale pour le Canada proviennent des autres pays du G-7 (les États-Unis, le Japon, le Royaume-Uni, l'Allemagne, la France et l'Italie). Les pays du G-7 interviennent pour la vaste majorité des activités de R-D entreprises dans le monde et ils constituent les pays les plus avancés technologiquement¹¹.

4. LES DONNÉES ET LES TENDANCES¹²

Les données utilisées pour notre analyse empirique proviennent pour la plupart de plusieurs bases de données de l'OCDE¹³ : la base de données sectorielles internationales (ISDB) et la base de données (STAN) pour l'analyse de l'industrie, la base de données d'entrées-sorties (IOD), la base de données analytiques de la R-D des entreprises commerciales (ANBERD) et la base de données sur le commerce bilatéral (BTD). D'abord, les bases de données industrielles STAN et ISDB furent employées pour calculer la productivité du travail dans les industries de fabrication et de services, respectivement. Ensuite, les tableaux d'entrées-sorties de l'IOD furent utilisés pour calculer les dépenses brutes d'investissement en TI et autres qu'en TI. Soulignons que nous considérons les secteurs « ordinateurs et matériel de bureau » et « matériel de communications » comme des industries (productrices) de TI et les autres comme des industries non productrices de TI. Les dépenses internes effectuées par le secteur des entreprises commerciales proviennent de l'ANBERD. L'IOD et l'ANBERD furent employées pour bâtir les séries de données sur la R-D intégrée aux biens et services achetés sur le marché intérieur. Enfin, les importations tirées de la BTD, de l'IOD et de l'ANBERD ont servi à calculer la R-D intégrée aux importations de biens et de services.

L'utilisation des tableaux d'entrées-sorties soulève toutefois deux problèmes. Premièrement, les sous-matrices de flux d'investissement intérieurs ne sont disponibles que pour les flux de capitaux bruts et non les flux de capitaux nets. Par conséquent, nous avons dû utiliser les données sur les investissements bruts en TI et autres qu'en TI, même s'il aurait été préférable d'utiliser les valeurs nettes. Deuxièmement, ces tableaux ne sont disponibles qu'en dollars courants pour les États-Unis. Donc, notre analyse pour les États-Unis repose sur des données en dollars courants pour l'investissement et la R-D¹⁴.

Nous présentons dans ce qui suit un bref aperçu des données et des principales tendances observées, en commençant par la productivité du travail.

Croissance de la productivité du travail

Le tableau 1 renferme des données sur la croissance annuelle moyenne de la productivité du travail par industrie au Canada et aux États-Unis pour la période 1971-1993¹⁵. Nous avons calculé la productivité du travail d'une industrie en divisant la valeur ajoutée réelle par l'emploi total; l'emploi total comprend les personnes employées, les travailleurs autonomes et les propriétaires exploitants. Deux tendances importantes se dégagent. Premièrement, les deux industries productrices de TI aux États-Unis – ordinateurs et matériel de bureau ainsi que matériel de communications – ont enregistré les taux de croissance annuelle de la productivité les plus élevés pendant la période couverte par l'échantillon. Deuxièmement, dans le cas du Canada, seule l'industrie du matériel de bureau et du matériel informatique a enregistré la croissance de la productivité la plus rapide, tandis que celle du matériel de communications s'est fait devancer par les industries des produits médicaux et pharmaceutiques, des métaux non ferreux, de la construction navale et du matériel de transport connexe.

Tableau 1
Croissance annuelle moyenne de la productivité du travail,
Canada et États-Unis, 1971-1993

CITI -- deuxième révision	Canada	États-Unis
1. Aliments, boissons et tabac	0,97	1,75
2. Textiles, vêtement et cuir	2,54	2,88
3. Produits du bois et meubles	1,00	0,76
4. Papier et impression	0,77	0,31
5. Produits chimiques industriels ¹	2,65	3,24
6. Médicaments	3,80	...
7. Produits du pétrole et du charbon	2,44	0,91
8. Produits en caoutchouc et en plastique	1,33	1,32
9. Produits minéraux non métalliques	1,02	1,54
10. Fer et acier	2,30	1,62
11. Métaux non ferreux	3,92	0,33
12. Produits métalliques	1,10	1,61
13. Outillage non électrique	0,70	2,65
14. Machines de bureau et calculatrices	18,74	7,78
15. Appareils électriques, nca	2,15	4,11
16. Matériel de communications	3,34	5,36
17. Construction et réparation de navires	5,25	1,29
18. Autre matériel de transport	4,37	3,32
19. Véhicules automobiles	2,21	0,44
20. Aéronefs	1,82	0,98
21. Biens professionnels	...	1,35
22. Autres produits manufacturés ²	0,53	1,50
Ensemble du secteur manufacturier	1,80	1,98
23. Électricité, gaz et eau	1,68	0,95
24. Commerce de gros et détail ³	0,66	1,33
25. Transports et communications	3,17	2,72
26. Services financiers, commerciaux et immobiliers	0,72	-0,94
27. Services sociaux et personnels	-0,35	-0,47
Ensemble du secteur des services	1,13	0,47
28. Construction	0,47	-1,24
Ensemble du secteur commercial⁴	1,24	0,86

1. L'industrie des produits chimiques industriels comprend les médicaments dans le cas des États-Unis.
2. Les autres produits manufacturés comprennent les biens professionnels dans le cas du Canada.
3. Comprend les restaurants et les hôtels.
4. Par définition, l'ensemble du secteur commercial comprend les industries manufacturières, les services et la construction.

Investissement en TI

Comme l'indique le tableau 2, le taux d'investissement réel en TI¹⁶ au Canada a augmenté dans 23 des 26 industries de fabrication et de services entre 1971 et 1990, tandis que le taux d'investissement réel à l'extérieur du secteur des TI n'a augmenté que dans sept industries. Durant cette période, les hausses furent de 300 p.100 dans l'ensemble des industries manufacturières et de 150 p. 100 dans l'ensemble du secteur des services.

La part de l'investissement en TI s'est accrue au cours des deux dernières décennies, comme l'indique la dernière colonne du tableau 2. Ainsi, la part de l'investissement en TI par rapport à l'investissement total a augmenté d'environ cinq points de pourcentage dans neuf industries au cours de la période 1971-1990. Dans le secteur des services, la hausse a été encore plus spectaculaire, passant de 4,6 p. 100 en 1971 à 18,1 p. 100 en 1990. Un examen des données sur l'investissement brut en valeur nominale révèle que la tendance à la hausse de l'investissement en TI va en s'atténuant (voir le tableau 3). Il en est ainsi parce que les données de l'investissement en dollars courants ne tiennent pas compte des gains en qualité des ordinateurs.

Le tableau 4 fait état des taux d'investissement nominaux aux États-Unis dans le secteur des TI et dans les autres secteurs. Une comparaison des tableaux 3 et 4 indique qu'il y a des similitudes frappantes entre les deux pays. La majeure partie de l'investissement en TI dans les deux pays a eu lieu dans le secteur des services. En 1990, ce secteur a absorbé 91 p. 100 de tout l'investissement en TI au Canada et 83 p. 100 aux États-Unis. Cette tendance est perceptible dans plusieurs industries de services comme celles des transports et communications, des finances, de l'assurance et de l'immobilier, des services commerciaux, ainsi que des services personnels, sociaux et communautaires. Contrairement à la tendance à la hausse du taux d'investissement en TI observée dans le secteur des services, le taux d'investissement à l'extérieur du secteur des TI a diminué dans les deux pays au cours de la même période.

Plusieurs autres observations méritent d'être soulignées. Premièrement, le niveau d'investissement est beaucoup plus faible au Canada qu'aux États-Unis. Ainsi, le taux d'investissement (nominal) en TI dans le secteur manufacturier n'était, en 1990, que de 0,5 p. 100 au Canada, comparativement à 1,5 p. 100 aux États-Unis. Deuxièmement, cette observation s'applique aussi au secteur des services – le Canada affichait un taux nominal d'investissement en TI de 1,7 p. 100 comparativement à environ 2 p. 100 aux États-Unis. Troisièmement, le Canada tire de l'arrière par rapport aux États-Unis pour ce qui est du taux d'investissement en TI dans presque toutes les industries, sauf celle des transports et communications.

Tableau 2
Données sommaires sur l'investissement brut réel axé sur les technologies
de l'information et les autres biens d'équipement, Canada, 1971 et 1990

	Taux d'investissement en TI (%)		Taux d'investissement autre que dans les TI (%)		Part de l'investissement en TI (%)	
	1971	1990	1971	1990	1971	1990
CITI -- deuxième révision						
1. Aliments, boissons et tabac	0,13	0,81	14,55	11,37	0,91	6,64
2. Textiles, vêtement et cuir	0,15	0,47	17,61	8,52	0,82	5,26
3. Produits du bois et meubles	0,11	0,17	23,67	10,43	0,45	1,61
4. Papier et impression	0,26	0,75	38,00	37,08	0,67	1,99
5. Produits chimiques industriels ¹	0,32	2,08	29,73	24,93	1,06	7,72
6. Médicaments	0,31	0,82	21,44	9,48	1,44	7,96
7. Produits du pétrole et du charbon	0,06	2,32	72,56	37,30	0,08	5,86
8. Produits en caoutchouc et en plastique	0,15	1,48	36,33	26,92	0,41	5,19
9. Produits minéraux non métalliques	0,12	0,83	17,54	18,74	0,67	4,24
10. Fer et acier	0,29	0,42	41,81	26,59	0,68	1,54
11. Métaux non ferreux	0,36	0,95	47,18	58,94	0,76	1,59
12. Produits métalliques	0,19	0,19	15,34	7,11	1,23	2,67
13. Outillage non électrique	0,16	0,84	8,15	9,49	1,94	8,17
14. Machines de bureau et calculatrices	...	1,71	159,10	7,11	...	19,38
15. Appareils électriques, nca	0,27	1,65	16,90	6,97	1,55	19,19
16. Matériel de communications	0,15	1,43	12,53	6,04	1,20	19,14
17. Construction et réparation de navires	1,33	0,30	41,83	9,51	3,08	3,03
18. Autre matériel de transport	0,53	0,12	20,05	4,67	2,60	2,50
19. Véhicules automobiles	0,26	0,49	11,55	12,35	2,22	3,81
20. Aéronefs	0,23	0,31	6,32	8,80	3,57	3,45
21. Autres produits manufacturés ²	0,07	0,52	9,11	4,13	0,75	11,22
Ensemble du secteur manufacturier	0,20	0,84	23,95	18,28	0,84	4,41
22. Électricité, gaz et eau	1,45	6,03	124,83	57,96	1,15	9,42
23. Commerce de gros et détail ³	0,64	1,15	16,12	5,51	3,79	17,26
24. Transports et communications	6,00	7,53	59,50	18,19	9,16	29,27
25. Services financiers, commerciaux et immobiliers	0,07	1,11	7,54	8,74	0,89	11,23
26. Services sociaux et personnels	0,78	7,48	13,97	24,97	5,28	23,04
Ensemble du secteur des services	1,25	3,11	26,03	14,07	4,58	18,11
27. Construction	0,03	0,22	9,51	5,53	0,30	3,81
Ensemble du secteur commercial⁴	0,80	2,31	23,83	14,37	3,26	13,84

1. L'industrie des produits chimiques industriels comprend les médicaments dans le cas des États-Unis.
2. Les autres produits manufacturés comprennent les biens professionnels dans le cas du Canada.
3. Comprend les restaurants et les hôtels.
4. Par définition, l'ensemble du secteur commercial comprend les industries manufacturières, les services et la construction.

Tableau 3
Données sommaires sur l'investissement brut nominal axé sur les technologies
de l'information et les autres biens d'équipement, Canada, 1971 et 1990

	Taux d'investissement en TI (%)		Taux d'investissement autre que dans les TI (%)		Part de l'investissement en TI (%)	
	1971	1990	1971	1990	1971	1990
CITI -- deuxième révision						
1. Aliments, boissons et tabac	0,35	0,42	10,51	9,71	3,21	4,11
2. Textiles, vêtement et cuir	0,25	0,28	7,04	7,64	3,48	3,51
3. Produits du bois et meubles	0,17	0,12	14,64	10,45	1,16	1,10
4. Papier et impression	0,44	0,41	25,75	32,10	1,69	1,25
5. Produits chimiques industriels ¹	0,54	1,31	16,81	23,88	3,09	5,19
6. Médicaments	0,47	0,55	11,32	9,10	4,00	5,66
7. Produits du pétrole et du charbon	...	2,20	85,69	62,81	...	3,38
8. Produits en caoutchouc et en plastique	0,19	0,72	17,80	21,38	1,06	3,27
9. Produits minéraux non métalliques	0,27	0,44	11,40	16,93	2,30	2,56
10. Fer et acier	0,41	0,31	25,19	30,25	1,59	1,01
11. Métaux non ferreux	0,43	0,63	27,50	63,49	1,53	0,98
12. Produits métalliques	0,24	0,12	8,43	6,72	2,73	1,75
13. Outillage non électrique	0,31	0,45	4,42	7,92	6,56	5,43
14. Machines de bureau et calculatrices	...	2,07	9,05	13,43	...	13,38
15. Appareils électriques, nca	0,44	0,84	8,58	5,55	4,84	13,20
16. Matériel de communications	0,20	0,87	6,28	5,70	3,03	13,23
17. Construction et réparation de navires	0,73	0,18	7,28	6,24	9,09	2,86
18. Autre matériel de transport	0,48	0,13	6,76	5,34	6,67	2,33
19. Véhicules automobiles	0,41	0,35	5,63	13,66	6,73	2,47
20. Aéronefs	...	0,14	3,72	6,04	...	2,20
21. Autres produits manufacturés ²	0,19	0,26	4,61	3,61	4,00	6,73
Ensemble du secteur manufacturier	0,34	0,48	13,94	17,33	2,34	2,69
22. Électricité, gaz et eau	3,00	3,26	84,70	54,30	3,42	5,67
23. Commerce de gros et détail ³	1,13	0,63	9,37	5,10	10,79	11,02
24. Transports et communications	4,61	7,00	24,17	20,41	16,01	25,54
25. Services financiers, commerciaux et immobiliers	0,15	0,56	4,51	8,32	3,25	6,27
26. Services sociaux et personnels	1,38	3,88	8,55	21,21	13,92	15,48
Ensemble du secteur des services	1,54	1,96	14,41	13,30	9,68	12,84
27. Construction	0,05	0,11	4,88	4,58	0,95	2,26
Ensemble du secteur commercial⁴	1,03	1,44	13,29	13,45	7,15	9,68

1. L'industrie des produits chimiques industriels comprend les médicaments dans le cas des États-Unis.
2. Les autres produits manufacturés comprennent les biens professionnels dans le cas du Canada.
3. Comprend les restaurants et les hôtels.
4. Par définition, l'ensemble du secteur commercial comprend les industries manufacturières, les services et la construction.

Tableau 4
Données sommaires sur l'investissement brut nominal axé sur les technologies
de l'information et les autres biens d'équipement, États-Unis, 1972 et 1990

	Taux d'investissement en TI (%)		Taux d'investissement autre que dans les TI (%)		Part de l'investissement en TI (%)	
	1972	1990	1972	1990	1972	1990
CITI -- deuxième révision						
1. Aliments, boissons et tabac	0,28	0,55	6,77	7,63	3,91	6,76
2. Textiles, vêtement et cuir	0,40	0,78	6,37	6,84	5,94	10,18
3. Produits du bois et meubles	0,21	0,38	6,95	5,65	2,94	6,32
4. Papier et impression	0,85	2,37	7,73	12,28	9,90	16,16
5. Produits chimiques industriels et médicaments ¹	0,69	1,19	8,87	8,07	7,24	12,82
6. Produits du pétrole et du charbon	0,99	2,30	12,60	14,22	7,28	13,93
7. Produits en caoutchouc et en plastique	0,21	0,36	8,92	11,67	2,34	3,00
8. Produits minéraux non métalliques	0,50	0,77	10,32	9,77	4,58	7,27
9. Fer et acier	0,24	0,64	7,61	13,28	3,00	4,59
10. Métaux non ferreux	0,98	1,38	11,09	10,16	8,15	11,98
11. Produits métalliques	0,35	0,70	5,88	6,68	5,69	9,52
12. Outillage non électrique	0,49	0,85	5,37	6,05	8,44	12,30
13. Machines de bureau et calculatrices	6,43	5,95	5,83	2,88	52,43	67,39
14. Appareils électriques, nca	0,92	2,93	4,58	5,44	16,73	34,98
15. Matériel de communications	1,83	5,84	6,32	7,45	22,43	43,92
16. Construction et réparation de navires	0,52	0,69	6,40	4,20	7,52	14,09
17. Autre matériel de transport	0,61	1,63	7,51	10,20	7,53	13,77
18. Véhicules automobiles	0,34	0,67	8,45	13,71	3,83	4,65
19. Aéronefs	0,41	1,06	1,99	3,65	17,06	22,49
20. Biens professionnels	0,48	1,39	3,58	5,42	11,75	20,37
21. Autres produits manufacturés ²	0,34	0,44	5,57	4,37	5,74	9,21
Ensemble du secteur manufacturier	0,57	1,46	6,94	8,09	7,61	15,35
22. Électricité, gaz et eau	0,47	3,56	15,62	22,09	2,90	13,87
23. Commerce de gros et détail ³	0,36	1,12	4,40	6,90	7,60	13,98
24. Transports et communications	6,80	6,00	14,24	9,93	32,33	37,68
25. Services financiers, commerciaux et immobiliers	0,84	1,82	3,11	2,89	21,29	38,60
26. Services sociaux et personnels	0,74	1,81	6,85	5,29	9,71	25,47
Ensemble du secteur des services	1,39	2,11	6,06	5,95	18,70	26,18
27. Construction	0,09	0,20	10,14	7,75	0,87	2,48
Ensemble du secteur commercial⁴	1,06	1,87	6,57	6,51	10,68	22,30

1. L'industrie des produits chimiques industriels comprend les médicaments dans le cas des États-Unis.

2. Les autres produits manufacturés comprennent les biens professionnels dans le cas du Canada.

3. Comprend les restaurants et les hôtels.

4. Par définition, l'ensemble du secteur commercial comprend les industries manufacturières, les services et la construction.

La recherche-développement

Passons maintenant aux variables de la R-D. Comme nous l'avons mentionné plus haut, la croissance de la productivité du travail dans notre modèle est fonction non seulement des efforts de R-D déployés par les entreprises elles-mêmes, mais aussi de la R-D acquise auprès d'autres industries par l'intermédiaire d'achats de produits et de services au pays et à l'étranger (R-D intégrée). Nous avons donc déterminé deux types de sources de retombées de la R-D : celles d'origine intérieure et celles d'origine internationale. À l'instar de l'étude récente de l'OCDE (1996e), nous avons aussi mis au point des indicateurs d'« intensité technologique totale » à l'échelle de l'industrie en combinant la R-D directe et la R-D intégrée. Selon l'étude de l'OCDE, les taux d'investissement en R-D directe ne sont pas une mesure acceptable du niveau de complexité technologique des industries. Une mesure plus adéquate devrait tenir compte non seulement des taux d'investissement en R-D directe d'une industrie donnée, mais aussi de la R-D intégrée à ses achats.

Les efforts de R-D directe

Dans le tableau 5, nous présentons un indicateur du taux d'investissement en R-D (dépenses de R-D en pourcentage de la valeur ajoutée) par industrie, pour le Canada et les États-Unis. Les données indiquent que les activités de R-D se concentrent en grande partie dans les industries manufacturières. Toutefois, le secteur des services intervient pour une part grandissante des dépenses totales de R-D¹⁷. Bien que les données du tableau 5 n'en fassent pas état, il convient de souligner que les deux industries productrices de TI sont à l'origine de la majorité des activités de R-D dans les deux pays. En 1993, elles représentaient 26 p. 100 des dépenses internes totales de R-D au Canada et 14 p. 100 aux États-Unis. Toutefois, le taux d'investissement en R-D dans le secteur manufacturier canadien est de beaucoup inférieur à celui observé aux États-Unis, sauf dans les industries des textile, du vêtement et du cuir, des métaux non ferreux et du matériel de communications.

Les retombées de la R-D intégrée totale

Les tableaux 6 et 7 donnent un aperçu de l'évolution de la diffusion de la R-D au Canada et aux États-Unis. Il s'en dégage plusieurs messages familiers.

Premièrement, le secteur des services est celui qui fait l'utilisation la plus poussée de la technologie intégrée dans les deux pays. Le matériel de transport et de communications et les services communautaires, sociaux et personnels figurent parmi les utilisateurs importants de la technologie, tout comme certaines industries manufacturières. Parmi celles-ci se retrouvent les industries de l'automobile, des produits en plastique et en caoutchouc et du fer et de l'acier au Canada et, aux États-Unis, l'industrie des textiles, du vêtement et du cuir, et celle du fer et de l'acier.

Tableau 5
Taux d'investissement en R-D au Canada et aux États-Unis,
1973-1976 et 1990-1993

CITI -- deuxième révision	Canada		États-Unis	
	1973-1976	1990-1993	1973-1976	1990-1993
1. Aliments, boissons et tabac	0,52	0,45	0,79	1,13
2. Textiles, vêtement et cuir	0,25	0,91	0,29	0,56
3. Produits du bois et meubles	0,11	0,46	0,51	0,53
4. Papier et impression	0,57	0,76	0,76	1,08
5. Produits chimiques industriels ¹	2,81	2,41	7,81	12,02
6. Médicaments	7,47	11,37	...	...
7. Produits du pétrole et du charbon	8,44	9,11	8,58	11,91
8. Produits en caoutchouc et en plastique	0,73	0,68	4,41	2,94
9. Produits minéraux non métalliques	0,44	0,49	1,94	2,32
10. Fer et acier	0,86	0,72	0,96	0,90
11. Métaux non ferreux	3,73	5,29	2,55	2,75
12. Produits métalliques	0,40	0,98	1,18	1,58
13. Outillage non électrique	1,38	1,60	2,45	4,02
14. Machines de bureau et calculatrices	8,97	35,47	73,56	44,18
15. Appareils électriques, nca	2,65	2,37	17,93	3,11
16. Matériel de communications	14,77	30,01	24,24	22,27
17. Construction et réparation de navires	0,04	0,00	0,09	0,69
18. Autre matériel de transport	3,19	0,40	6,48	19,72
19. Véhicules automobiles	0,53	0,78	10,67	19,98
20. Aéronefs	17,11	23,17	45,26	32,29
21. Biens professionnels	...	...	7,71	15,14
22. Autres produits manufacturés ²	0,51	1,18	3,09	2,26
Ensemble du secteur manufacturier	1,70	3,43	6,55	8,40
23. Électricité, gaz et eau	1,06	1,08	...	...
24. Commerce de gros et détail ³	0,10	0,26	...	...
25. Transports et communications	0,16	0,47	...	...
26. Services financiers, commerciaux et immobiliers	0,28	0,83	...	...
27. Services sociaux et personnels	0,00	0,00	...	...
Ensemble du secteur des services	0,17	0,54	0,09	0,69
28. Construction	0,01	0,03	...	...
Ensemble du secteur commercial⁴	0,71	1,30	2,14	2,48

1. L'industrie des produits chimiques industriels comprend les médicaments dans le cas des États-Unis.
2. Les autres produits manufacturés comprennent les biens professionnels dans le cas du Canada.
3. Comprend les restaurants et les hôtels.
4. Par définition, l'ensemble du secteur commercial comprend les industries manufacturières, les services et la construction.

Tableau 6
Évolution de la diffusion de la technologie au Canada, 1973-1976 et 1990-1993

	Intensité totale en technologie ¹		Part des acquisitions de technologie		Part des acquisitions de technologie par voie d'importations	
	1973-1976	1990-1993	1973-1976	1990-1993	1973-1976	1990-1993
CITI -- deuxième révision						
1. Aliments, boissons et tabac	1,75	2,09	70,51	78,68	43,05	49,01
2. Textiles, vêtement et cuir	1,59	3,59	84,57	74,60	59,70	64,37
3. Produits du bois et meubles	1,20	2,32	90,64	80,32	59,95	57,24
4. Papier et impression	2,14	3,10	73,41	75,61	45,73	49,14
5. Produits chimiques industriels	6,76	9,48	58,50	74,60	48,07	60,70
6. Médicaments	10,98	17,33	31,93	34,38	61,63	55,54
7. Produits du pétrole et du charbon	13,22	23,53	36,15	61,30	43,25	51,58
8. Produits en caoutchouc et en plastique	4,47	7,16	83,73	90,50	68,76	76,48
9. Produits minéraux non métalliques	1,96	3,63	77,52	86,42	54,03	68,86
10. Fer et acier	2,93	5,03	70,52	85,74	48,22	54,81
11. Métaux non ferreux	8,10	12,78	53,91	58,59	33,56	46,83
12. Produits métalliques	2,64	4,46	84,75	77,96	40,89	48,03
13. Outillage non électrique	3,39	4,97	59,24	67,79	63,95	70,38
14. Machines de bureau et calculatrices	68,38	95,10	86,88	62,70	95,95	89,03
15. Appareils électriques, nca	7,00	7,84	62,10	69,73	48,82	57,79
16. Matériel de communications	25,10	53,62	41,15	44,02	58,88	69,31
17. Construction et réparation de navires	4,30	25,56	99,06	99,97	65,92	53,71
18. Autre matériel de transport	8,81	11,79	63,81	96,57	72,47	91,95
19. Véhicules automobiles	13,58	30,87	96,12	97,48	91,43	93,74
20. Aéronefs	32,02	41,18	46,56	43,73	82,79	69,07
21. Autres produits manufacturés	2,08	5,04	75,61	76,53	67,43	79,00
Ensemble du secteur manufacturier	5,48	11,39	68,90	69,86	69,01	74,93
22. Électricité, gaz et eau	3,79	3,42	71,96	68,38	79,15	68,54
23. Commerce de gros et détail	1,00	1,12	89,88	76,68	70,54	49,31
24. Transports et communications	2,55	5,32	93,87	91,15	49,49	37,42
25. Services financiers, commerciaux et immobiliers	0,48	1,34	40,46	38,33	45,68	45,90
26. Services sociaux et personnels	1,09	3,30	100,00	100,00	76,74	83,59
Ensemble du secteur des services	1,26	2,14	82,99	75,00	62,46	54,70
27. Construction	1,74	1,91	99,45	98,29	37,11	34,39
Ensemble du secteur commercial²	2,59	4,31	75,14	72,73	63,96	65,75

1. L'intensité totale en technologie comprend la R-D directe, la R-D intégrée aux achats de produits sur le marché intérieur et la R-D intégrée aux importations de produits.
2. Par définition, l'ensemble du secteur commercial comprend les industries manufacturières, les services et la construction.

Tableau 7
Évolution de la diffusion de la technologie aux États-Unis,
1973-1976 et 1990-1993

	Intensité totale en technologie ¹		Part des acquisitions de technologie		Part des acquisitions de technologie par voie d'importations	
	1973-1976	1990-1993	1973-1976	1990-1993	1973-1976	1990-1993
CITI -- deuxième révision						
1. Aliments, boissons et tabac	2,74	4,11	70,96	72,40	1,77	4,76
2. Textiles, vêtement et cuir	3,31	5,63	91,33	90,00	3,63	5,45
3. Produits du bois et meubles	2,00	2,69	74,32	80,34	2,26	6,43
4. Papier et impression	3,05	5,48	75,09	80,22	3,65	7,30
5. Produits chimiques industriels et médicaments	12,79	20,77	38,94	42,14	2,98	6,53
6. Produits du pétrole et du charbon	16,13	27,32	46,79	56,41	2,82	6,45
7. Produits en caoutchouc et en plastique	8,86	12,07	50,17	75,65	2,09	5,93
8. Produits minéraux non métalliques	4,35	6,29	55,36	63,11	2,47	6,70
9. Fer et acier	3,69	6,39	73,97	85,91	7,69	8,57
10. Métaux non ferreux	10,77	12,76	76,33	78,44	10,57	9,48
11. Produits métalliques	3,58	4,61	67,11	65,83	4,20	8,99
12. Outillage non électrique	6,24	7,91	60,68	49,14	2,55	10,46
13. Machines de bureau et calculatrices	125,08	67,39	41,19	34,44	1,09	14,57
14. Appareils électriques, nca	23,84	9,90	24,78	68,60	2,11	10,87
15. Matériel de communications	39,95	36,05	39,33	38,22	2,17	12,24
16. Construction et réparation de navires	5,14	4,70	98,31	85,25	2,28	9,34
17. Autre matériel de transport	21,17	46,97	69,42	58,02	3,14	6,48
18. Véhicules automobiles	22,56	49,36	52,69	59,52	2,58	8,71
19. Aéronefs	63,81	52,11	29,07	38,04	3,44	9,99
20. Biens professionnels	10,71	21,25	27,98	28,76	3,24	11,76
21. Autres produits manufacturés	6,45	5,97	51,99	62,18	4,61	7,64
Ensemble du secteur manufacturier	11,93	16,53	45,08	49,13	3,05	8,93
22. Électricité, gaz et eau	2,61	5,12	96,67	86,45	1,42	6,62
23. Commerce de gros et détail	0,80	2,36	89,19	70,62	1,37	7,25
24. Transports et communications	4,35	4,95	98,00	85,98	3,21	8,13
25. Services financiers, commerciaux et immobiliers	0,95	1,91	90,88	63,60	1,63	6,64
26. Services sociaux et personnels	2,22	3,49	96,08	80,13	2,48	6,96
Ensemble du secteur des services	1,59	2,74	94,54	74,66	2,31	7,14
27. Construction	3,85	4,31	97,74	83,91	1,26	6,10
Ensemble du secteur commercial²	4,81	5,84	58,18	59,17	2,64	8,01

1. L'intensité totale en technologie comprend la R-D directe, la R-D intégrée aux achats de produits sur le marché intérieur et la R-D intégrée aux importations de produits.
2. Par définition, l'ensemble du secteur commercial comprend les industries manufacturières, les services et la construction.

Deuxièmement, l'écart de complexité technologique entre les industries canadiennes et américaines – mesuré en fonction de l'intensité technologique totale – semble être moins prononcé que ne l'indiquent les taux d'investissement en R-D du tableau 5. En fait, les deux industries de TI au Canada surpassaient celles des États-Unis sur le plan de l'intensité technologique totale entre 1990 et 1993. Ce résultat s'explique tout simplement par le fait que la R-D intégrée (technologie acquise) représente une proportion beaucoup plus élevée de l'intensité technologique totale au Canada qu'aux États-Unis. Au cours de la période 1990-1993, la part de la technologie acquise dépassait les 72 p. 100 pour l'ensemble des industries (le secteur primaire non compris) au Canada, contre 59 p. 100 aux États-Unis.

Troisièmement, les importations, en tant que source d'acquisition de technologie (la R-D intégrée aux importations), interviennent pour une part plus importante de l'acquisition de technologie au Canada qu'aux États-Unis, bien que leur importance semble à la hausse dans les deux pays. Les sources étrangères de retombées de la R-D sont plus importantes que les sources intérieures au Canada, tandis que les sources intérieures représentent la presque totalité de la technologie acquise aux États-Unis. Entre 1990 et 1993, la technologie intégrée aux importations représentait environ 66 p. 100 de l'ensemble de l'acquisition de technologie par les industries canadiennes, tandis qu'elle n'intervenait que pour une proportion minuscule de 8 p. 100 dans le cas des industries américaines.

Quatrièmement, bien que cette réalité ne soit pas reflétée dans nos tableaux, il importe de souligner que le Canada acquiert des États-Unis la presque totalité de sa technologie intégrée aux importations, tandis qu'aux États-Unis, la technologie intégrée aux importations provient de plusieurs autres partenaires commerciaux. Ainsi, entre 1990 et 1993, 86 p. 100 de l'importation totale de technologie intégrée par le Canada provenait des États-Unis. Par ailleurs, le Canada n'a contribué qu'à 16 p. 100 de ce type de retombées de la R-D aux États-Unis.

Diffusion de la R-D – le secteur des TI en tant que source de R-D intégrée

Dans les tableaux 8 et 9, nous présentons des estimations des retombées de la R-D attribuables à l'acquisition de biens d'équipement et de produits intermédiaires auprès des deux industries de TI. Dans la première colonne de ces tableaux, nous indiquons la part des TI comprise dans l'acquisition de technologie au Canada et aux États-Unis. Les données montrent très clairement que la part des TI dans l'acquisition totale de technologie est en hausse au Canada mais en baisse aux États-Unis. Au Canada, elle est passée de 28 p. 100 au début des années 70 à plus de 30 p. 100 au début des années 90. Aux États-Unis, toutefois, elle a diminué, passant d'environ 30 p. 100 à 26 p. 100 au cours de la même période.

Les tableaux 8 et 9 font état de deux autres tendances. Premièrement, tant au Canada qu'aux États-Unis, la part des retombées de la R-D provenant des TI est beaucoup plus élevée dans les industries de services que dans les industries manufacturières. Mais le taux de croissance des retombées de la R-D attribuables aux TI a été beaucoup plus élevé dans les industries manufacturières canadiennes : leur part relative a augmenté de

20 points de pourcentage au cours des deux dernières décennies. Deuxièmement, une proportion plus élevée de l'acquisition de TI au Canada (environ 69 p. 100) provient des importations, notamment des États-Unis. Par contre, les retombées de la R-D attribuables au secteur des TI proviennent surtout de sources intérieures aux États-Unis.

Tableau 8
Évolution de la diffusion des technologies de l'information au Canada,
1973-1976 et 1990-1993

	Part des TI dans les acquisitions totales de technologie ¹		Part des acquisitions de TI par voie d'importations	
	1973-1976	1990-1993	1973-1976	1990-1993
CITI -- deuxième révision				
1. Aliments, boissons et tabac	16,06	16,06	83,35	79,88
2. Textiles, vêtement et cuir	8,40	12,95	73,30	87,17
3. Produits du bois et meubles	7,01	15,50	73,30	77,42
4. Papier et impression	11,36	14,60	82,55	78,73
5. Produits chimiques industriels et médicaments	7,10	8,67	81,90	85,62
6. Médicaments	0,00	13,29		92,48
7. Produits du pétrole et du charbon	0,00	11,62		91,31
8. Produits en caoutchouc et en plastique	3,33	9,98	100,00	90,25
9. Produits minéraux non métalliques	7,83	18,61	73,30	90,31
10. Fer et acier	12,13	17,73	68,69	74,96
11. Métaux non ferreux	4,49	10,19	61,33	81,49
12. Produits métalliques	8,18	12,34	64,37	68,96
13. Outillage non électrique	8,40	13,30	68,74	77,31
14. Machines de bureau et calculatrices	93,14	93,32	96,71	89,08
15. Appareils électriques, nca	22,62	21,77	65,04	77,29
16. Matériel de communications	83,66	93,28	56,38	68,87
17. Construction et réparation de navires	24,29	62,83	27,22	36,45
18. Autre matériel de transport	8,52	16,03	85,12	97,91
19. Véhicules automobiles	3,93	3,78	60,16	67,60
20. Aéronefs	4,72	3,68	56,69	90,49
21. Autres produits manufacturés	12,12	37,95	85,12	88,91
Ensemble du secteur manufacturier	4,31	24,89	75,63	76,12
22. Électricité, gaz et eau	51,56	49,01	93,77	87,36
23. Commerce de gros et détail	57,54	28,33	90,92	79,84
24. Transports et communications	37,87	43,13	35,45	27,10
25. Services financiers, commerciaux et immobiliers	42,72	44,10	88,21	86,44
26. Services sociaux et personnels	62,68	45,23	90,43	85,18
Ensemble du secteur des services	48,42	42,09	73,71	62,47
27. Construction	9,65	14,01	33,90	35,49
Ensemble du secteur commercial²	28,04	30,18	72,98	68,55

1. Les acquisitions totales de technologie comprennent la R-D intégrée aux achats sur le marché local et aux produits importés.

2. Par définition, l'ensemble du secteur commercial comprend les industries manufacturières, les services et la construction.

Tableau 9
Évolution de la diffusion des technologies de l'information aux États-Unis,
1973-1976 et 1990-1993

	Part des TI dans les acquisitions totales de technologie ¹		Part des acquisitions de TI par voie d'importations	
	1973-1976	1990-1993	1973-1976	1990-1993
CITI -- deuxième révision				
1. Aliments, boissons et tabac	10,49	6,97	0,93	5,32
2. Textiles, vêtement et cuir	9,97	5,62	1,25	6,32
3. Produits du bois et meubles	10,96	7,05	0,88	5,82
4. Papier et impression	26,24	20,11	1,14	5,64
5. Produits chimiques industriels et médicaments	9,56	5,17	1,03	6,33
6. Produits du pétrole et du charbon	8,87	5,08	0,87	5,39
7. Produits en caoutchouc et en plastique	3,74	2,09	0,90	7,23
8. Produits minéraux non métalliques	14,14	7,00	0,79	5,55
9. Fer et acier	14,34	6,23	3,06	5,39
10. Métaux non ferreux	10,39	6,01	5,31	5,60
11. Produits métalliques	11,07	8,86	1,10	5,50
12. Outillage non électrique	11,56	12,88	1,21	7,38
13. Machines de bureau et calculatrices	93,12	93,60	1,04	14,66
14. Appareils électriques, nca	13,74	44,69	1,93	12,20
15. Matériel de communications	87,02	82,83	2,04	12,45
16. Construction et réparation de navires	26,56	10,08	1,13	6,76
17. Autre matériel de transport	4,11	3,99	1,10	6,30
18. Véhicules automobiles	5,22	3,60	7,06	22,38
19. Aéronefs	20,49	8,06	1,47	12,02
20. Biens professionnels	44,23	53,69	2,22	14,14
21. Autres produits manufacturés	17,72	19,59	2,44	9,64
Ensemble du secteur manufacturier	26,34	22,23	1,79	12,31
22. Électricité, gaz et eau	11,16	23,01	0,99	5,16
23. Commerce de gros et détail	33,29	22,84	0,83	5,96
24. Transports et communications	46,50	35,84	2,91	5,96
25. Services financiers, commerciaux et immobiliers	66,12	54,15	1,08	7,03
26. Services sociaux et personnels	23,36	20,41	2,58	11,87
Ensemble du secteur des services	40,77	32,66	1,96	7,19
27. Construction	4,85	4,04	1,05	6,19
Ensemble du secteur commercial²	29,54	25,73	1,86	9,46

1. Les acquisitions totales de technologie comprennent la R-D intégrée aux achats sur le marché local et aux produits importés.
2. Par définition, l'ensemble du secteur commercial comprend les industries manufacturières, les services et la construction.

Compte tenu des tendances qui se dégagent de ces données, nous passons maintenant à une analyse des résultats obtenus à partir de l'analyse de régression, dans laquelle nous avons relié la croissance de la productivité du travail à l'investissement en TI et à des indicateurs de technologie comme les activités de R-D et les retombées de la R-D provenant des secteurs de TI et des autres secteurs.

5. ANALYSE DE RÉGRESSION

Dans cette section, nous analysons les résultats obtenus à l'aide de l'équation (2). Les régressions ont été calculées en utilisant un ensemble de données chronologiques regroupées en coupes transversales, qui comprend 27 industries et cinq sous-périodes (1971-1975, 1976-1979, 1980-1985, 1986-1989 et 1990-1993)¹⁸. Nous avons estimé une régression du taux de croissance annuel moyen de la productivité du travail dans une industrie donnée par rapport aux taux d'investissement de chacune des cinq sous-périodes (évalués au début de la période) et aux valeurs moyennes des variables représentant la R-D et la diffusion de la technologie au cours des mêmes périodes. Nous avons introduit des variables auxiliaires pour ces sous-périodes afin de tenir compte des effets sur la croissance de la productivité qui n'étaient pas attribuables aux variables d'investissement et de R-D.

Résultats pour le Canada

Les résultats de l'estimation de l'équation (2) pour le Canada et les États-Unis sont présentés, respectivement, dans les tableaux 10 et 11. Nous analysons d'abord les résultats empiriques obtenus pour le Canada. Les trois premières colonnes du tableau 10 renferment les résultats des régressions fondées sur les dépenses réelles d'investissement et de R-D¹⁹ après correction pour la double comptabilisation de la R-D²⁰, tandis que les trois dernières colonnes renferment les résultats des régressions fondées sur les dépenses nominales d'investissement et de R-D et sans correction pour la double comptabilisation de la R-D. La spécification (1), qui correspond à la première colonne, tient compte de la R-D directe et des investissements matériels mais non des retombées de la R-D. La spécification (2) correspond précisément à l'équation (2), dans laquelle les variables représentant la R-D intégrée sont décomposées en fonction de la R-D intégrée aux biens et services acquis sur le marché local et de la R-D incorporée aux importations. La spécification (3) isole les retombées de la R-D intégrée aux produits des TI et aux autres biens et services pour les variables de la R-D intégrée d'origine tant nationale qu'internationale. Les trois dernières colonnes de ce tableau correspondent aux trois spécifications décrites ci-dessus pour les données sur les dépenses nominales d'investissement et de R-D.

Nous nous intéresserons d'abord aux estimations fondées sur les dépenses réelles d'investissement et de R-D. Comme nous l'avons indiqué plus tôt, les coefficients des variables d'investissement matériel réel, tels que les investissements en TI et autres qu'en TI et l'investissement en R-D sont considérés comme équivalant au taux de rendement sur l'investissement. Cette interprétation est fondée sur l'hypothèse que le taux de rendement (moyen) sur l'investissement reflète le rendement de tous les secteurs²¹. Trois variables affichent une corrélation robuste avec la croissance de la productivité du travail : la croissance du facteur travail (corrélation négative), le taux d'investissement en TI (corrélation positive) et les retombées de la R-D internationale (corrélation positive). Les coefficients calculés pour ces variables demeurent relativement stables et significatifs

dans toutes les spécifications. Les variables auxiliaires pour les périodes 1976-1980, 1986-1989 et 1990-1993 sont statistiquement significatives. Le terme constant, qui représente le progrès technique, est aussi statistiquement significatif.

Tableau 10
Résultats des régressions pour le Canada, 1971-1993
(Variable dépendante : croissance de la productivité du travail, 135 observations)

Variables indépendantes	Investissement réel et R-D corrigés pour la double comptabilisation			Investissement nominal et R-D non corrigés pour la double comptabilisation		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Constante	0,030 (4,394)	0,027 4,398	0,030 (4,871)	0,037 (5,072)	0,030 (5,007)	0,032 (5,262)
Croissance du facteur travail	-0,827 (6,263)	-0,741 (6,876)	-0,646 (5,850)	-0,660 (3,676)	-0,716 (5,510)	-0,689 (5,825)
Taux d'investissement en TI	0,359 (3,599)	0,357 (3,915)	0,272 (3,060)	0,331 (2,258)	0,364 (2,957)	0,238 (1,808)
Taux d'investissement autre qu'en TI	0,017 (1,481)	0,017 (1,516)	0,008 (0,739)	0,002 (0,131)	0,018 (1,598)	0,017 (1,582)
Taux d'investissement en R-D	0,217 (3,334)	0,062 (1,190)	-0,011 (0,211)	0,267 (3,213)	0,079 (1,392)	0,040 (0,629)
Retombées de la R-D intérieure	---	-0,034 (0,251)	---	---	-0,222 (1,805)	---
Retombées de la R-D intérieure intégrée aux produits des TI	---	---	-0,066 (0,399)	---	---	-0,108 (0,798)
Retombées de la R-D intérieure intégrée aux autres produits	---	---	0,234 (0,900)	---	---	-0,126 (0,631)
Retombée de la R-D internationale	---	0,236 (4,300)	---	---	0,298 (4,427)	---
Retombées de la R-D internationale intégrée aux importations de TI	---	---	0,368 (4,217)	---	---	0,376 (3,833)
Retombées de la R-D internationale intégrée aux importations d'autres produits	---	---	0,092 (2,172)	---	---	0,098 (2,260)
Période 2 : 1976-1980	-0,021 (2,551)	-0,021 (2,764)	-0,022 (2,999)	-0,023 (2,255)	-0,021 (2,610)	-0,020 (2,659)
Période 3 : 1981-1985	-0,014 (1,461)	-0,015 (1,831)	-0,013 (1,635)	-0,016 (1,410)	-0,016 (1,927)	-0,012 (1,458)
Période 4 : 1986-1989	-0,018 (2,430)	-0,024 (3,654)	-0,025 (3,816)	-0,028 (3,538)	-0,028 (4,076)	-0,024 (3,456)
Période 5 : 1990-1993	-0,044 (4,345)	-0,047 (4,971)	-0,043 (4,573)	-0,042 (3,268)	-0,046 (4,587)	-0,041 (4,346)
R^2	0,55	0,65	0,68	0,39	0,62	0,67
R^2 corrigé	0,52	0,62	0,65	0,35	0,59	0,64

Nota : Les valeurs du test t corrigées pour tenir compte de l'hétéroscédasticité sont indiquées entre parenthèses.

Les coefficients du taux d'investissement réel en TI sont statistiquement significatifs au niveau de 5 p. 100. Le taux de rendement sur les investissements en TI varie entre 27 et 36 p. 100 par année. Nos résultats sont conformes à ceux de deux autres études récentes où les auteurs ont aussi calculé une corrélation positive entre la croissance de la productivité et l'investissement en TI (Siegel et Griliches, 1991; Brynjolfsson et Hitt, 1995). Les deux études ont permis de conclure que les taux de rendement sur les investissements en TI étaient élevés et que les taux de rendement sur le capital de TI était plus élevé dans le secteur des services que dans celui de la fabrication.

Le taux d'investissement réel à l'extérieur des secteurs de TI affiche le signe positif attendu, bien que ses coefficients ne soient pas statistiquement différents de zéro. Ce résultat est quelque peu étonnant. L'incidence négligeable des investissements hors des secteurs de TI sur la croissance de la productivité découle peut-être d'une multiplicité de facteurs. Premièrement, les biens d'investissement non liés aux TI sont fortement hétérogènes et les rendements calculés sur ces investissements représentent une combinaison de rendements variables sur divers types de biens d'investissement traditionnels non liés aux TI. Deuxièmement, les données sur l'investissement brut que nous avons utilisées dans l'étude sont peut-être moins appropriées au niveau théorique. Une seule composante de l'investissement brut – l'investissement net – est considérée comme contribuant à l'augmentation de la productivité, tandis que l'autre composante – l'investissement de remplacement – ne sert qu'à maintenir les niveaux existants de productivité²². L'erreur de mesure liée à l'utilisation de l'investissement brut pour les biens autres que les TI contribue vraisemblablement à fausser la valeur des coefficients en la faisant tendre vers zéro.

Néanmoins, la valeur des coefficients de l'investissement en TI est statistiquement différente de zéro au niveau de 5 p. 100, bien que nous ayons utilisé les données sur l'investissement brut. Il est aussi intéressant de souligner que les données sur l'investissement réel en TI ne reflètent que les améliorations de qualité apportées aux ordinateurs (fondées sur une méthode hédonistique d'établissement des prix) mais non aux autres produits des TI comme les semi-conducteurs²³. En conséquence, l'investissement de remplacement lié aux TI n'est pas dégonflé correctement, ce qui se traduit par une sous-estimation de l'investissement net. Il n'est donc pas sûr qu'il convienne davantage d'utiliser l'investissement net que l'investissement brut dans les études empiriques.

La variable représentant la R-D directe au Canada a une corrélation significative avec la croissance de la productivité dans la spécification (1). Le taux de rendement calculé est d'environ 22 p. 100 par année. Il s'agit d'un résultat comparable à ceux d'études antérieures, dans lesquelles les auteurs ont obtenu des taux de rendement variant entre 10 et 50 p. 100 (voir, par exemple, Griliches, 1994 et Mohnen, 1992). Toutefois, lorsque nous introduisons les retombées de la R-D comme dans la spécification (2), le rapport significatif disparaît. Cette situation est peut-être attribuable surtout à la corrélation élevée entre la R-D directe et les retombées de la R-D nationale. La corrélation de 0,65 entre la R-D directe et les retombées intérieures est peut-être causée par un problème de multicollinéarité entre les deux variables. Nos résultats laissent donc

penser que les industries canadiennes ne profitent peut-être pas de la R-D réalisée dans d'autres industries canadiennes.

Nous avons aussi considéré les retombées de la R-D internationale parallèlement à la variable de la R-D directe et aux retombées de la R-D intérieure. Les retombées de la R-D internationale ont une incidence significative sur la croissance de la productivité comme l'indique la spécification (2). En effet, nos données révèlent que la part de la technologie acquise par voie d'importations a augmenté au fil du temps et qu'elle représente maintenant près de 75 p. 100 de l'ensemble de la technologie acquise à l'extérieur par les entreprises manufacturières. Nos résultats confirment ceux de travaux antérieurs où les retombées de la R-D internationale ont une incidence significative sur la croissance de la productivité (Bernstein, 1996a et Coe et Helpman, 1995). Le taux de rendement calculé sur la R-D intégrée aux importations est d'environ 24 p. 100 par année. La conclusion importante qui se dégage de cette analyse est que les retombées de la R-D représentent avant tout un phénomène international au Canada.

À l'aide de la spécification (3), nous avons examiné la mesure dans laquelle les retombées de la R-D internationale intégrée aux importations de TI ont un effet sur la croissance de la productivité. À cette fin, nous avons introduit séparément les retombées de la R-D intégrée aux importations de TI et celle intégrée aux importations d'autres produits. Dans ce cas, notre analyse indique que la diffusion internationale de la R-D intégrée aux importations de TI et d'autres produits a une incidence positive et significative sur la croissance de la productivité. La diffusion internationale de la R-D intégrée aux importations de TI au Canada a un effet plus prononcé sur la croissance de la productivité que la R-D intégrée aux importations d'autres produits : le taux de rendement calculé sur la R-D intégrée aux importations de TI est d'environ 37 p. 100, tandis que le taux de rendement calculé sur la R-D intégrée aux autres produits n'est que de 9 p. 100. Manifestement, nos résultats indiquent que les retombées de la R-D internationale provenant du secteur des TI a joué un rôle dominant au cours des deux dernières décennies.

Les variables auxiliaires employées pour chaque période affichent des valeurs négatives et significatives, sauf pour la période 1981-1985, dans la plupart des spécifications. Ce résultat est compatible avec le ralentissement observé de la productivité au Canada depuis 1973.

Bien que les résultats ne soient pas inclus dans ce tableau, nous avons aussi vérifié s'il y avait des indices d'une baisse des taux de rendement sur les investissements en TI entre les industries au Canada. Dans une étude récente, Brynjolfsson et Hitt (en préparation) ont indiqué que le taux de rendement sur les investissements en TI sera appelé à diminuer à mesure que les entreprises augmenteront leurs investissements – comme c'est généralement le cas pour tous les types d'investissement. À partir d'un échantillon d'entreprises américaines, les auteurs ont trouvé des indices d'une baisse des taux de rendement des investissements dans les ordinateurs durant la période 1987-1989. Pour examiner cette possibilité, nous avons introduit des termes d'interaction entre le taux d'investissement en TI et les variables auxiliaires des cinq sous-périodes dans la spécification (3). L'hypothèse mixte à l'effet que les coefficients des termes d'interaction sont égaux à zéro n'est pas rejetée au seuil de 5 p. 100. Aucun des

coefficients des termes d'interaction entre l'investissement en TI et ces variables auxiliaires n'est statistiquement significatif.

Enfin, notre modèle empirique nous permet de comparer la performance des industries de services par rapport à celle des industries manufacturières sur le plan de la croissance de la productivité en fonction des variables indépendantes utilisées dans notre modèle. Les industries de services sont-elles particulièrement lentes à récolter les gains de productivité liés aux technologies de l'information? Pour examiner cette question, nous avons inséré une variable auxiliaire pour les industries de services dans la spécification (3). Bien qu'ils ne soient pas présentés au tableau 10, les résultats indiquent que les coefficients de la variable auxiliaire relative aux industries de services ont une valeur positive mais ils ne sont pas statistiquement différents de zéro. Il y a donc lieu de croire que les variables indépendantes dans notre modèle expliquent la presque totalité des écarts de croissance de la productivité entre les industries de services et les industries manufacturières.

Puis, nous avons estimé de nouveau toutes les spécifications, mais en utilisant cette fois des données sur l'investissement et les dépenses de R-D en valeur *nominale* sans faire de correction pour la double comptabilisation de la R-D. Nous avons voulu examiner ainsi l'importance de ces questions de mesures pour nos résultats. Les résultats des régressions sont présentés dans les trois dernières colonnes du tableau 10. Dans l'ensemble, ils ne sont pas significativement différents de ceux présentés dans les trois premières colonnes. Il est intéressant de souligner que, du point de vue empirique, ces questions de mesures de données ne jouent pas un rôle majeur.

En résumé, les résultats obtenus jusqu'ici nous permettent de tirer les trois conclusions suivantes :

- Premièrement, les investissements en TI sont une source importante de croissance de la productivité dans les industries canadiennes.
- Deuxièmement, les retombées de la R-D internationale sont beaucoup plus importantes que les retombées de la R-D nationale au Canada.
- Troisièmement, l'apport à la croissances de la productivité des retombées de la R-D internationale intégrée aux importations de TI est beaucoup plus important que celui des retombées intégrées aux importations d'autres produits.

Résultats des régressions pour les États-Unis

Nous avons ensuite estimé l'équation (2) en utilisant des données américaines. Pour rappeler ce que nous avons mentionné plus tôt, les données sur l'investissement en TI et autres qu'en TI et les données sur les dépenses de R-D aux États-Unis ne sont disponibles qu'en dollars courants. Le tableau 11 donne un aperçu des résultats des régressions pour les trois spécifications. Ces résultats sont quelque peu différents de ceux obtenus pour le Canada.

Tableau 11
Résultats des régressions pour les États-Unis, 1972-1993
 (Variable dépendante : croissance de la productivité du travail, 135 observations)

Variabiles indépendantes	(1)	(2)	(3)
Constante	0,008 (1,191)	0,007 (1,113)	0,004 (0,586)
Croissance du facteur travail	-0,421 (4,005)	-0,424 (3,566)	-0,394 (3,447)
Taux d'investissement nominal en TI	0,535 (4,740)	0,553 (4,247)	0,179 (1,505)
Taux d'investissement nominal autre qu'en TI	-0,048 (0,773)	-0,023 (0,336)	0,039 (0,489)
Taux d'investissement nominal en R-D	0,033 (1,459)	0,0622 (0,964)	0,017 (0,282)
Retombées de la R-D intérieure	---	-0,051 (0,440)	---
Retombées de la R-D intérieure intégrée aux produits des TI	---	---	0,070 (0,800)
Retombées de la R-D intérieure intégrée aux autres produits	---	---	0,062 (0,340)
Retombées de la R-D internationale	---	-0,056 (0,063)	---
Retombées de la R-D internationale intégrée aux importations de TI	---	---	1,868 (2,643)
Retombées de la R-D internationale intégrée aux importations d'autres produits	---	---	-1,960 (1,221)
Période 2 : 1977-1981	-0,015 (2,169)	-0,015 (2,165)	-0,015 (2,104)
Période 3 : 1982-1984	0,023 (3,030)	0,024 (3,121)	0,027 (3,627)
Période 4 : 1985-1989	0,009 (1,532)	0,010 (1,580)	0,015 (2,523)
Période 5 : 1990-1993	0,003 (0,343)	0,003 (0,422)	0,008 (1,071)
R ²	0,39	0,39	0,43
R ² corrigé	0,35	0,34	0,37

Nota : Les valeurs du test *t* corrigées pour tenir compte de l'hétéroscédasticité sont indiquées entre parenthèses.

L'incidence de l'investissement en TI sur la croissance de la productivité du travail est généralement plus élevée mais un peu moins robuste dans le cas des données américaines et elle varie aussi selon la spécification. Les écarts sont significatifs dans le cas des spécifications (1) et (2) mais non de la spécification (3). Le taux de rendement sur l'investissement varie entre 18 et 55 p. 100 par année. L'ordre de grandeur des résultats semble conforme à celui d'autres études fondées sur des données américaines (Brynjolfsson et Hitt, 1995; Lichtenberg, 1993; et Siegel et Griliches, 1991). Comme ce fut le cas pour le Canada, le taux d'investissement autre qu'en TI a une influence négligeable sur la croissance de la productivité du travail dans les industries américaines.

Le résultat le plus étonnant est la valeur non significative obtenue pour la variable de la R-D directe dans les trois spécifications. Ce résultat est à l'opposé des conclusions d'un grand nombre d'études américaines où les auteurs ont observé une incidence positive et significative de la R-D directe sur la productivité. Toutefois, lorsque nous utilisons une spécification empirique plus traditionnelle (non présentée au tableau 11), qui ne fait aucune distinction entre les investissements en TI et les autres investissements et ne tient pas compte des retombées de la R-D, l'incidence de la R-D directe sur la croissance de la productivité devient positive et statistiquement significative (la valeur du coefficient t est de 3,34). Le taux de rendement est évalué à un peu plus de 7 p. 100 par année. Ce taux est conforme aux résultats obtenus dans la plupart des études américaines (voir, par exemple, Griliches, 1994).

À l'instar des résultats obtenus pour le Canada, les retombées de la R-D intérieure ont une incidence statistiquement négligeable aux États-Unis, comme l'indiquent les spécifications (2) et (3).

Les retombées de la R-D internationale ont une incidence statistiquement négligeable aux États-Unis, comme le montre la spécification (2). Toutefois, lorsque nous faisons une distinction entre la R-D internationale intégrée aux TI et les autres importations, comme dans la spécification (3), nous observons que les retombées de la R-D internationale intégrée aux importations ont une incidence importante et significative sur la croissance de la productivité²⁴.

Commentaires sur les résultats

Les résultats empiriques pour le Canada sont plus robustes et plus conformes à ceux d'autres études empiriques. Les résultats pour les États-Unis sont moins robustes mais ils indiquent tout de même que les investissements en TI et les retombées de la R-D intégrée aux importations de TI jouent un rôle important pour la croissance de la productivité. Manifestement, la qualité des données américaines de notre échantillon est moins satisfaisante. Premièrement, la croissance de la productivité du travail pour quatre importantes industries américaines a peut-être été sous-estimée. Les données américaines sur la productivité du travail dans les industries de l'outillage non électrique, du matériel de bureau et des calculatrices, des appareils électriques et du matériel de communications furent calculées en utilisant l'indice implicite des prix de l'industrie des métaux ouvrés et non les indices de ces industries. Il en est peut-être résulté une sous-estimation de la croissance de la productivité du travail dans ces industries, ce qui aurait pour effet d'affaiblir la qualité de nos résultats pour les États-Unis. Deuxièmement, l'absence de données sur l'investissement et la R-D en valeur réelle constitue une autre lacune.

D'autres améliorations au niveau de la qualité des données auraient peut-être permis de renforcer nos résultats empiriques. Parmi celles-ci, mentionnons la disponibilité de données sur l'investissement net (et non brut) en TI et autres qu'en TI (en dollars constants) et de données sur l'investissement réel qui tiennent compte de l'amélioration de la qualité des biens d'investissement, notamment ceux liés aux technologies de l'information (non pas seulement les ordinateurs).

6. RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Jusqu'à tout récemment, peu d'études empiriques s'étaient intéressées au lien entre la croissance de la productivité et les TI. La question peut-être la plus importante est de savoir si les investissements en TI contribuent à la croissance de la productivité. Une deuxième question consiste à se demander si les retombées de la R-D intérieure et internationale attribuables au secteur des TI sont importantes pour la croissance de la productivité. Dans ce document, nous avons analysé ces questions pour le Canada et les États-Unis.

Voici nos principales conclusions :

- Les investissements en TI représentent une source importante de croissance de la productivité pour les industries canadiennes. Les taux de rendement privés sur les TI que nous avons calculés sont élevés – en moyenne, environ 30 p. 100 par année. Les résultats pour les États-Unis sont de façon générale semblables à ceux du Canada, bien qu'un peu moins robustes.
- Les retombées de la R-D au Canada sont surtout d'origine internationale. Nous avons constaté que les retombées internationales provenant du secteur des TI et des autres secteurs contribuent de façon significative à la croissance de la productivité dans les industries canadiennes. Toutefois, les retombées provenant du secteur des TI sont plus importantes que celles provenant des autres secteurs.
- Contrairement aux résultats obtenus pour le Canada, les données américaines indiquent que les retombées de la R-D internationale ont, dans l'ensemble, une incidence négligeable aux États-Unis. Toutefois, certains résultats empiriques permettent de croire que les retombées de la R-D internationale provenant du secteur des TI sont significatives et beaucoup plus importantes pour les industries américaines que celles provenant des autres secteurs.

Nos conclusions ont d'importantes répercussions sur le plan empirique. Premièrement, l'investissement en TI est beaucoup plus important à la marge que les autres investissements en tant qu'élément déterminant de la croissance de la productivité. Deuxièmement, nos résultats contribuent à appuyer l'argument selon lequel les retombées de la R-D au Canada sont surtout d'origine internationale. Cette conclusion est conforme à celles d'études antérieures réalisées notamment par Bernstein (1996a) et par Coe et Helpman (1995) pour le Canada. Toutefois, selon les résultats de cette dernière étude, les retombées entre les pays sont plus importantes pour les petites économies ouvertes et la R-D internationale est au moins aussi importante que la R-D nationale pour les petites économies en tant que stimulant à la productivité. Troisièmement, les retombées de la R-D internationale intégrée aux importations de TI sont plus importantes que les retombées de la R-D intégrée aux autres importations comme source d'augmentation de la productivité.

Nos conclusions ont peut-être aussi une importance significative pour les politiques industrielles et commerciales, notamment les politiques de R-D dans de petites

économies ouvertes comme celle du Canada. Premièrement, la présence de retombées internationales importantes révélée par nos données ne signifie pas que celles-ci sont un substitut de la R-D directe. À vrai dire, il est tout à fait possible que la R-D directe et les retombées de la R-D soient des phénomènes complémentaires, ce qui voudrait dire que les entreprises doivent investir dans la R-D pour tirer avantage de la R-D des autres entreprises. Il s'agit d'un domaine prometteur pour la recherche future. Deuxièmement, comme Bernstein (1996a) l'a soutenu, toute analyse avantages-coûts des politiques publiques de R-D doit tenir compte des retombées de la R-D; autrement, les avantages liés à ces politiques seront sous-évalués. Troisièmement, l'importance pour la croissance de la productivité au Canada des investissements en TI et des fortes retombées de la R-D internationale intégrée aux importations indique que les politiques industrielles devraient mettre de plus en plus l'accent sur ces industries dans la nouvelle économie mondiale du savoir. Dans le contexte de cette nouvelle économie, la diffusion des technologies connexes aux TI est aussi importante que leur création. Enfin, l'importance des fortes retombées de la R-D internationale pour l'économie canadienne met en relief le rôle clé des politiques en matière de commerce et d'investissement en tant que moyen d'exploiter les connaissances et les idées nouvelles provenant de l'étranger.

NOTES

1. Dans la plupart des cas, les technologies de l'information comprennent la fabrication de matériel informatique et de composants, la création de logiciels et divers services informatiques connexes, ainsi que la fabrication de matériel de communications et de composants et les services de télécommunications.
2. Selon les résultats d'une étude empirique réalisée par De Long et Summers (1991) à l'aide de données transversales internationales, l'investissement en matériel a un effet positif important sur la croissance économique et les retombées de l'investissement en matériel sont considérables. Toutefois, les auteurs de l'étude n'établissent pas une distinction entre les TI et d'autres éléments de capital matériel.
3. On pourra trouver une étude intéressante sur les externalités et la diffusion des technologies dans les travaux de Mohnen (1992, 1996) et de l'OCDE (1996*e*).
4. Pour un aperçu récente, voir Brynjolfsson (1992) et Morrison et Berndt (1991).
5. Toutefois, leur analyse transversale révèle un lien positif.
6. Il existe un grand nombre d'études utiles axées sur la R-D et les retombées de la R-D. Voir, par exemple, Griliches (1994) et Mairesse et Mohnen (1994).
7. À l'instar des mesures des retombées de la R-D entre entreprises fondées sur leur proximité technologique, un indicateur généralement utilisé de la technologie immatérielle entre les industries est fondé sur les flux intersectoriels de brevets (Sherer, 1982; Evanson et Putman, 1993; et Meijl, 1995). Ces flux font état de la proportion des inventions brevetées qui proviennent d'une industrie mais qui sont utilisées dans d'autres industries. Plus une industrie utilise des inventions en provenance d'autres industries, plus les avantages retirés par cette industrie en provenance d'autres industries sont importants.
8. Si la somme des coefficients α_1, α_2 et α_3 est égale à l'unité, la fonction de production comporte des rendements à l'échelle constants par rapport au travail et au capital matériel. Dans une économie concurrentielle dont la production affiche des rendements d'échelle constants, les coefficients α_1, α_2 et α_3 sont égaux à la rémunération totale du facteur travail, du capital sous forme de TI et des autres éléments de capital, respectivement.
9. L'appendice A renferme une dérivation détaillée de l'équation (2).
10. Aux fins de notre estimation de la R-D intégrée, nous ne faisons pas de distinction entre la R-D intégrée aux biens d'équipement et celle intégrée aux biens intermédiaires, comme on l'a fait dans l'étude de l'OCDE (1996*e*), puisque notre étude met l'accent sur la R-D intégrée aux produits des TI et non sur les différents rôles joués par les biens d'équipement et les biens intermédiaires dans la diffusion de la R-D.
11. Soulignons que, dans l'étude récente de l'OCDE sur la diffusion de la technologie (OCDE, 1996*e*), on a traité la diffusion nationale différemment de la diffusion internationale. Pour évaluer la diffusion de la technologie à l'échelle nationale,

l'OCDE a utilisé une version modifiée de la matrice inverse de Leontief, au lieu d'employer les flux directs d'entrées-sorties que nous avons utilisés dans notre étude pour mesurer la deuxième vague de gains attribuables à la R-D. Sans aucun doute, ces gains secondaires sont importants dans le processus de diffusion de la technologie intégrée. Toutefois, cette méthodologie comporte aussi des lacunes : Premièrement, la diffusion nationale et internationale de la technologie ne reçoit pas un traitement uniforme puisque la mesure de la diffusion internationale de l'OCDE ne tient pas compte des gains secondaires, tandis que sa mesure des effets de la diffusion nationale en tient compte. Ce manque d'uniformité soulève des problèmes au moment de comparer la diffusion de la technologie dans une optique nationale et internationale. Deuxièmement, la matrice inverse de Leontief tend à amplifier le problème de mesure propre aux matrices d'entrées-sorties.

12. Voir l'appendice pour une description détaillée des données utilisées.
13. Les données de Statistique Canada furent utilisées pour corriger les données de l'OCDE afin d'éviter la double comptabilisation et de convertir en valeurs réelles les données nominales sur l'investissement et la R-D. La section suivante renferme une analyse détaillée de cette question.
14. Heureusement, ces données sont disponibles en dollars courants et constants pour le Canada. Bien que Jankowski (1993) ait calculé des indices de prix implicites pour 12 secteurs industriels américains au cours de la période 1969-1988, sa classification industrielle diffère considérablement de la nôtre. De plus, les tableaux américains d'entrées-sorties ne sont disponibles qu'en dollars courants.
15. Pour les États-Unis, les données sur la valeur ajoutée en dollars courants pour l'outillage non électrique, le matériel de bureau et le matériel informatique, l'outillage électrique et le matériel de communications furent converties en valeurs réelles à l'aide de l'indice des prix implicites de l'industrie des métaux ouvrés. Toutefois, les données sur la valeur ajoutée en dollars constants pour ces industries au Canada proviennent de Statistique Canada.
16. Ce taux est obtenu en divisant l'investissement réel en TI par la valeur ajoutée en dollars constants.
17. Selon une étude récente de l'OCDE (1996e), la part croissante des services dans la R-D commerciale totale peut être attribuée à trois facteurs. Premièrement, la R-D a toujours été présente dans le secteur des services (entreprises de R-D commerciale, sociétés de conception et d'ingénierie, etc.) et sa présence s'est peut-être accentuée ces dernières années. Deuxièmement, la recherche joue un rôle de plus en plus important dans de nouveaux champs d'activités comme le multimédia, les publications sur disque optique compact plutôt que sur papier, etc. Troisièmement, certaines activités qui étaient auparavant exécutées par des entreprises du secteur manufacturier ont maintenant été reprises par des « sociétés-rejetons » dans le secteur des services (par exemple, des entreprises de logiciel).
18. Les cinq sous-périodes dans le cas des États-Unis sont légèrement différentes de celles du Canada : 1972-1976, 1977-1981, 1982-1984, 1985-1989 et 1990-1993.

19. Nous avons utilisé des indices de prix implicite de la R-D provenant des études de Rose (1996) et de Dagenais, Mohnen et Therrien (1996). La R-D intégrée aux produits importés est calculée en utilisant les ratios de la valeur nominale des dépenses de R-D à la valeur ajoutée nominale des industries étrangères puisque nous n'avons pas de données sur la R-D en valeur réelle pour ces industries.
20. Les coûts relatifs à la R-D sont en fait incorporés aux coûts des facteurs de production traditionnels. Par exemple, le facteur travail comprend le coût du personnel de la R-D, tandis que le facteur capital comprend le coût des laboratoires et de l'équipement utilisés pour les activités de R-D. Nous sommes en mesure de corriger ce problème de double comptabilisation en retranchant des dépenses totales de R-D les coûts du travail et des matières premières et les dépenses en capital à l'aide des ratios des composantes de la R-D que l'on trouve dans la publication n° 88-202 de Statistique Canada. Nous corrigeons aussi les données sur l'investissement dans le secteur des TI et dans les autres secteurs pour résoudre le même problème. En fin de compte, cette correction est négligeable pour la plupart des industries, sauf les deux industries productrices de TI.
21. L'hypothèse nulle selon laquelle il n'y a aucune hétéroscédasticité est rejetée dans toutes les régressions. Par conséquent, nous ne présentons que les valeurs du test t corrigé en fonction de l'hétéroscédasticité.
22. En fait, lorsque nous calculons de façon distincte l'incidence de l'investissement net global (la somme de l'investissement en TI et de l'investissement dans les autres biens) et de l'investissement de remplacement global sur la croissance de la productivité en utilisant une spécification semblable à celle de l'équation (2), le résultat obtenu indique que le taux d'investissement net a une forte incidence positive sur la croissance de la productivité, tandis que le taux d'investissement de remplacement n'est pas significatif.
23. Voir Lowe, 1996.
24. Comme ce fut le cas pour le Canada, nous n'avons trouvé aucune preuve empirique de l'existence de rendements décroissants sur les investissements en TI. Bien que nous ne présentions pas ces résultats au tableau 11, lorsque nous introduisons des termes d'interaction entre le taux d'investissement en TI et les variables auxiliaires représentant les diverses périodes, nous constatons qu'aucun des coefficients des termes d'interaction n'est statistiquement significatif.

APPENDICE A
MODÈLE EMPIRIQUE PERMETTANT DE RELIER
LA PRODUCTIVITÉ À L'INVESTISSEMENT ET À LA TECHNOLOGIE

Supposons que la fonction de production de l'industrie i puisse être désignée à l'aide de la fonction Cobb-Douglas suivante :

$$(A1) \quad Y_i = L_i^{\alpha_1} K_{1i}^{\alpha_2} K_{2i}^{\alpha_3} R_i^{\alpha_4} S_{di}^{\alpha_5} S_{fi}^{\alpha_6} e^{\alpha_0 t}.$$

Selon cette fonction, la production (Y_i) de l'industrie i est exprimée en fonction du facteur travail L_i , du capital matériel en TI K_{1i} , des autres éléments de capital matériel K_{2i} , du capital en R-D directe R_i , du capital en R-D intégrée aux achats intérieurs de biens et de services S_{di} et du capital en R-D intégrée aux importations de biens S_{fi} . Les paramètres $\alpha_1 - \alpha_6$ sont les élasticités de la production.

En prenant les logarithmes de l'équation (A1) et en calculant la dérivée première par rapport au temps t , nous obtenons une équation type de croissance de la production :

$$(A2) \quad \frac{\dot{Y}_i}{Y_i} = \alpha_1 \frac{\dot{L}_i}{L_i} + \alpha_2 \frac{\dot{K}_{1i}}{K_{1i}} + \alpha_3 \frac{\dot{K}_{2i}}{K_{2i}} + \alpha_4 \frac{\dot{R}_i}{R_i} + \alpha_5 \frac{\dot{S}_{di}}{S_{di}} + \alpha_6 \frac{\dot{S}_{fi}}{S_{fi}} + \alpha_0$$

dans laquelle les points désignent les dérivées premières par rapport au temps.

L'équation (A2) indique que le taux de croissance de la production correspond à la somme du taux de changement technique pur et à une somme pondérée des taux de croissance du travail, du capital en TI, du capital sous d'autres formes, du capital en R-D intégrée aux achats intérieurs de biens et services et du capital en R-D intégrée aux importations.

En soustrayant le taux de croissance du facteur travail \dot{L}_i/L_i des deux côtés de l'équation (A2), nous obtenons l'équation suivante pour le taux de croissance de la productivité de l'industrie i :

$$(A3) \quad \frac{\dot{y}_i}{y_i} = -(1 - \alpha_1) \frac{\dot{L}_i}{L_i} + \alpha_2 \frac{\dot{K}_{1i}}{K_{1i}} + \alpha_3 \frac{\dot{K}_{2i}}{K_{2i}} + \alpha_4 \frac{\dot{R}_i}{R_i} + \alpha_5 \frac{\dot{S}_{di}}{S_{di}} + \alpha_6 \frac{\dot{S}_{fi}}{S_{fi}} + \alpha_0,$$

dans laquelle $y_i = Y_i / L_i$, la productivité du travail dans l'industrie i .

En utilisant la définition des élasticités de la production $\alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$, (par exemple, α_3 , l'élasticité de la production par rapport au capital autre qu'en TI, est égal à $\partial Y_i / \partial K_{2i} \cdot K_{2i} / Y_i$), l'équation (A4) peut être réécrite de la façon suivante :

$$(A4) \quad \frac{\dot{y}_i}{y_i} = -(1 - \alpha_1) \frac{\dot{L}_i}{L_i} + \frac{\partial Y_i}{\partial K_{1i}} \frac{\dot{K}_{1i}}{Y_i} + \frac{\partial Y_i}{\partial K_{2i}} \frac{\dot{K}_{2i}}{Y_i} + \frac{\partial Y_i}{\partial R_i} \frac{\dot{R}_i}{Y_i} + \frac{\partial Y_i}{\partial S_{di}} \frac{\dot{S}_{di}}{Y_i} + \frac{\partial Y_i}{\partial S_{fi}} \frac{\dot{S}_{fi}}{Y_i} + \alpha_0$$

En supposant que $\beta_1 = -(1 - \alpha_1)$, $\beta_2 = \partial Y_i / \partial K_{1i}$, $\beta_3 = \partial Y_i / \partial K_{2i}$, $\beta_4 = \partial Y_i / \partial R_i$, $\beta_5 = \partial Y_i / \partial S_{di}$, $\beta_6 = \partial Y_i / \partial S_{fi}$, et $\beta_0 = \alpha_0$ et en ajoutant le terme résiduel ε_i , nous obtenons l'équation (2) qui apparaît dans le texte principal.

APPENDICE B
SOURCES DE DONNÉES ET DÉFINITIONS

Variable	Description	Sources
Y_i	Valeur ajoutée aux prix de 1985 – pour les industries manufacturières – pour les industries de services	Base de données (STAN) de l'OCDE pour l'analyse de l'industrie ¹ Base de données (ISDB) de l'OCDE pour l'analyse sectorielle internationale ²
L_i	Emploi : nombre de personnes employées plus les travailleurs autonomes – pour les industries manufacturières – pour les industries de services	Base de données (STAN) de l'OCDE Base de données (ISDB) de l'OCDE
\dot{K}_{1i}	Investissement en TI, flux de biens d'investissement d'origine intérieure et importés provenant des industries des machines de bureau et calculatrices et du matériel de communications, de la radio et de la télédiffusion	Base de données d'entrées-sorties (IOD) ³ de l'OCDE, sous-matrices des biens d'investissement d'origine intérieure et importés
\dot{K}_{2i}	Investissement autre qu'en TI, flux de biens d'investissement d'origine intérieure et importés provenant de toutes les autres industries, sauf celles des machines de bureau et calculatrices et du matériel de communications, de radio et de la télédiffusion	Base de données IOD de l'OCDE, sous-matrices des biens d'investissement d'origine intérieure et importés
\dot{R}_i	Dépenses de R-D	Base de données analytiques de l'OCDE pour les entreprises commerciales de R-D (ANBERD) ⁴
X_{ji}	Quantité de biens intermédiaires et de biens d'investissement passant de j à i	Base de données IOD de l'OCDE, sous-matrices des flux de biens intermédiaires et de biens d'investissement d'origine intérieure
α_{jk}	Importations du pays k du bien j / importations totales du bien j	Base de données BTD ⁵ sur le commerce bilatéral de l'OCDE
M_{ji}	Importations totales du bien j par l'industrie i	Bases de données IOD de l'OCDE, sous-matrices des biens intermédiaires et des biens d'investissement importés

1. Cette base renferme les données de l'OCDE sur l'activité industrielle les plus complètes et les plus comparables sur le plan international (emploi, taux de change, taux fondés sur la parité des pouvoirs d'achat, formation brute de capital fixe, rémunération des travailleurs, production, valeur ajoutée). Elle fut rassemblée afin de combler les lacunes qui existent entre les données détaillées recueillies au moyen d'enquêtes industrielles, qui sont difficiles à comparer sur le plan international, et les comptes nationaux, qui sont comparables sur le plan international mais disponibles uniquement à des niveaux passablement agrégés. Les données englobent 49 industries manufacturières de 22 pays de l'OCDE.
2. Cette base de fournit des données comparables pour deux industries primaires, 13 industries manufacturières, deux industries de services d'utilité publique et sept industries de services dans 14 pays de l'OCDE; ces données proviennent du vaste répertoire de données sur les secteurs industriels et les comptes nationaux que publient les organismes nationaux et internationaux de statistiques. La base de données comprend des chiffres sur la valeur ajoutée, l'emploi, la formation brute de capital fixe, le stock brut de capital, le stock brut de capital en machines et biens d'équipement, le commerce extérieur, la rémunération des travailleurs, les surplus bruts d'exploitation, les taxes indirectes nettes et un indice de productivité totale des facteurs.
3. Ces tableaux renferment une ventilation des flux de transactions intersectorielles de biens et de services, selon qu'ils sont produits localement ou importés et selon qu'il s'agit de biens intermédiaires ou de biens en capital. Les tableaux sont disponibles pour 10 pays de l'OCDE et sont fondés sur la deuxième révision de la Classification internationale type par industrie (CITI, deuxième révision).
4. Cette base fournit des données en dollars courants sur les dépenses internes totales des entreprises commerciales consacrées à la R-D (BERD) pour 26 industries manufacturières de 15 pays de l'OCDE.
5. Cette base est tirée du système de données de l'OCDE sur le commerce extérieur par produits (FTS). Les importations et les exportations sont regroupées selon le pays d'origine et de destination des produits. Les données furent converties du système de classification type pour le commerce international des Nations Unies à un système fondé sur une classification internationale type par industrie compatible avec les bases de données STAN, IOD et ANBERD.
6. Toutes ces bases de données peuvent être obtenues auprès de l'OCDE.

BIBLIOGRAPHIE

- Auerbach, Alan, J., Kevin A. Hasset et Stephen D. Oliner, « Reassessing the Social Returns to Equipment Investment », *Quarterly Journal of Economics*, vol. 109, 1994, p. 789-802.
- Baily, Martin N. et Robert J. Gordon, « The Productivity Slowdown, Measurement Issues, and the Explosion of Computer Power », *Brookings Papers on Economic Activity*, vol. 19, 1988, p. 347-420.
- Berndt, Ernst R. et Thomas W. Malone, « Information Technology and the Productivity Paradox: Getting the Question Right », *Economics of Innovation and New Technology*, n° 3, 1995, p. 177-182.
- Berndt, Ernst R. et Catherine J. Morrison, « High-Tech Capital Formation and Economic Performance in U.S. Manufacturing Industries: An Exploratory Analysis », *Journal of Econometrics*, vol. 65, 1995, p. 9-43.
- Bernstein, Jeffrey, « International R&D Spillovers between Industries in Canada and the United States », *Revue canadienne d'économique*, numéro spécial, vol. 29, 1996a, p. S463-S467.
- _____, « L'industrie canadienne du matériel de communication, ses retombées scientifiques et sa contribution à la croissance de la productivité », dans l'ouvrage publié sous la direction de Peter Howitt, *La croissance fondée sur le savoir et son incidence sur les politiques microéconomiques*, University of Calgary Press, 1996b, p. 391-415.
- Bernstein, Jeffrey et Pierre Mohnen, « International R&D Spillovers between U.S. and Japanese R&D Intensive Sectors », *Journal of International Economics* (en préparation).
- Bernstein, Jeffrey et Xiaoyi Yan, « Canadian-Japanese R&D Spillovers and Productivity Growth », *Applied Economic Letters*, vol. 3, 1996, p. 763-767.
- _____, « International R&D Spillovers between Canadian and Japanese Industries », *Revue canadienne d'économique*, 1997, p. 276-294.
- Branstetter, Lee, « Are Knowledge Spillovers Intranational or International in Scope? Microeconomic Evidence from the U.S. and Japan », NBER Working Paper No. 5800, 1996.
- Brynjolfsson, Erik, « The Productivity of Information Technology: Review and Assessment », document inédit, Sloan School of Management, MIT, Cambridge (Mass.), 1992.
- Brynjolfsson, Erik et Lorin Hitt, « Paradox Lost? Firm-level Evidence of the Returns to Information Systems Spending », *Management Science* (en préparation).
- _____, « Information Technology as a Factor of Production: The Role of Differences among Firms », *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 3, 1995, p. 183-199.

- Coe, David et Elhanan Helpman, « International R&D Spillovers », *European Economic Review*, vol. 39, 1995, p. 859-887.
- Coe, David, Elhanan Helpman et Alexander Hoffmaister, « North-South R&D Spillovers », *Economic Journal*, vol. 107, 1997, p. 134-149.
- David, Paul A., « The Dynamo and Computer: An Historical Perspective on the Modern Productivity Paradox », *American Economic Review*, vol. 80, 1990, p. 355-361.
- De Long, J. Bradford et Lawrence H. Summers, « Equipment Investment and Economic Growth », *Quarterly Journal of Economics*, vol. 106, 1991, p. 445-502.
- _____, « Equipment Investment and Economic Growth: How Long is the Nexus? », *Brookings Papers on Economic Activity*, n° 2, 1992, p. 157-199.
- Dagenais, Marcel, Pierre Mohnen et P. Therrien, « Les firmes canadiennes répondent-elles aux incitations fiscales à la recherche-développement? », rapport soumis au Conseil de la science et de la technologie du Québec, octobre 1996.
- Evenson, R. E. et J. Putman, « Inter-sectoral Technology Flows: Estimates from a Patent Concordance with an Application to Italy », document inédit, Université Yale, 1993.
- Griliches, Zvi, « Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth », *The Bell Journal of Economics*, vol. 10, 1979, p. 92-116.
- _____, « R&D and the Productivity Slowdown », *American Economic Review*, vol. 70, 1980, p. 343-348.
- _____, « Productivity Puzzles and R&D: Another Nonexplanation », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 2, 1988, p. 9-21.
- _____, « Productivity, R&D, and Data Constraint », *American Economic Review*, vol. 84, 1994, p. 1-23.
- Grossman, Gene M. et Elhanan Helpman, *Innovation and Growth in the Global Economy*, MIT Press, Cambridge (Mass.), 1991.
- Jaffe, Adam, « Technological Opportunity and Spillover of R&D: Evidence from Firms' Patents, Profits, and Market Value », *American Economic Review*, vol. 76, 1986, p. 984-1001.
- Jankowski, John E., « Do We Need a Price Index for Industrial R&D? », *Research Policy*, vol. 22, 1993, p. 195-205.
- Lichtenberg, Frank R., « The Output Contributions of Computer Equipment and Personnel: A Firm-level Analysis », NBER Working Paper No. 4540, 1993.
- Loveman, Gary, « An Assessment of the Productivity Impact of Information Technologies, Management in the 90s », dans l'ouvrage publié sous la direction de Thomas J. Allen et Michael S. Scott Morton, *Information Technology and the Corporation of the 1990s*, Oxford University Press, 1994.
- Lowe, Robin, « Handling Quality Change in the Canadian National Accounts Price Deflators », dans *OECD Proceedings: Industry Productivity, International Comparison and Measurement Issues*, 1996, p. 143-157.

- Mairesse, Jacques et Pierre Mohnen, « R&D and Productivity Growth: What Have We Learned from Econometric Studies? », document présenté à la conférence EUNETIC, Strassbourg, 1994.
- Meijl, H. van, *Endogenous Technological Change: The Case of Information Technology, Theoretical Considerations and Empirical Results*, University Press, Maastricht, 1995.
- Meijl, H. van et Luc Soete, « IT Spillovers and Productivity Growth: An Empirical Application to France », *OECD Economic Workshops on Information Society*, Workshop No. 1, Toronto, les 28 et 29 juin 1995.
- Mohnen, Pierre, « New Technologies and Inter-Industry Spillovers », *STI Review*, n° 7, OCDE, Paris, 1989.
- _____, *Le rapport entre la R-D et la croissance de la productivité au Canada et dans d'autres grands pays industrialisés*, Approvisionnement et Services Canada, Ottawa, 1992.
- _____, « R&D Externalities and Productivity Growth », *STI Review*, n° 18, OCDE, Paris, 1996.
- Morrison, Catherine J. et Ernst R. Berndt, « Assessing the Productivity of Information Technology Equipment in U.S. Manufacturing Industries », NBER Working Paper No. 3582, 1991.
- OCDE, *Base de données sectorielles internationales*, Paris, 1995.
- _____, *Base de données entrées-sorties de l'OCDE*, Paris, 1996a.
- _____, *Base de données STAN de l'OCDE pour l'analyse de l'industrie*, Paris, 1996b.
- _____, *Les dépenses en recherche et développement dans l'industrie, 1973-1993*, Paris, 1996c.
- _____, *Base de données sur le commerce bilatéral*, Paris, 1996d.
- _____, *Technologie et performance industrielle*, Paris, 1996e.
- Oliner, Stephen D. et Daniel E. Sichel, « Computers and Output Growth Revisited: How Big is the Puzzle? », *Brookings Papers on Economic Activity*, n° 2, 1994, p. 273-317.
- Papaconstantinou, George, Sakurai Norihisa et Andrew Wykoff, « Embodied Technology Diffusion: An Empirical Analysis for 10 OECD Countries », STI Working Papers, 1996/1, OCDE, Paris.
- Romer, Paul M., « Increasing Returns and Long-Run Growth », *Journal of Political Economy*, vol. 94, 1986, p. 1002-1037.
- _____, « Crazy Explanations for the Productivity Slowdown », dans l'ouvrage publié sous la direction de Stanley Fischer, *NBER Macroeconomics Annual: 1987*, MIT Press, Cambridge (Mass.).
- _____, « The Origins of Endogenous Growth », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 8, 1994, p. 3-22.

- Rose, Antoine, « Un nouvel indice de prix pour la déflation des dépenses de recherche et développement industriels », document présenté lors du Huitième congrès annuel, Statistique Canada, Ottawa, 1996.
- Sakurai, Norihisa, Ioannidis Evangelos et George Papaconstantinou, « The impact of R&D and of Technology Diffusion on Productivity Growth: Evidence from Ten OECD Countries in the 1970s and 1980s », STI Working Papers, 1996/2, OCDE, Paris.
- Scherer, F. M., « Interindustry Technology Flows and Productivity Growth », *Review of Economics and Statistics*, vol. 64, 1982, p. 627-634.
- Siegel, D. et Z. Griliches, « Purchased Services, Outsourcing, Computers and Productivity in Manufacturing », NBER Working Paper No. 3678, 1991.
- Terleckyj, N., « Direct and Indirect Effects of Industrial Research and Development on the Productivity Growth of Industries », dans l'ouvrage publié sous la direction de J. Kendrick et B. Vaccara, *New Developments in Productivity Measurement and Analysis*, University of Chicago Press, Chicago, 1980.

PUBLICATIONS DE RECHERCHE D'INDUSTRIE CANADA

COLLECTION DOCUMENTS DE TRAVAIL

- N° 1 **L'intégration économique de l'Amérique du Nord : les tendances de l'investissement étranger direct et les 1 000 entreprises les plus grandes**, Industrie Canada, personnel de la Direction de l'analyse de la politique micro-économique, notamment John Knubley, Marc Legault et P. Someshwar Rao, 1994.
- N° 2 **Les multinationales canadiennes : analyse de leurs activités et résultats**, Industrie Canada, personnel de la Direction de l'analyse de la politique micro-économique, notamment P. Someshwar Rao, Marc Legault et Ashfaq Ahmad, 1994.
- N° 3 **Débordements transfrontaliers de R-D entre les industries du Canada et des États-Unis**, Jeffrey I. Bernstein, Université Carleton et National Bureau of Economic Research, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1994.
- N° 4 **L'impact économique des activités de fusion et d'acquisition sur les entreprises**, Gilles McDougall, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1995.
- N° 5 **La transition de l'université au monde du travail : analyse du cheminement de diplômés récents**, Ross Finnie, École d'administration publique, Université Carleton et Statistique Canada, 1995.
- N° 6 **La mesure du coût d'observation lié aux dépenses fiscales : les stimulants à la recherche-développement**, Sally Gunz, Université de Waterloo, Alan Macnaughton, Université de Waterloo, et Karen Wensley, Ernst & Young, Toronto, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1996.
- N° 7 **Les structures de régie, la prise de décision et le rendement des entreprises en Amérique du Nord**, P. Someshwar Rao et Clifton R. Lee-Sing, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1996.
- N° 8 **L'investissement étranger direct et l'intégration économique de la zone APEC**, Ashfaq Ahmad, P. Someshwar Rao et Colleen Barnes, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1996.
- N° 9 **Les stratégies de mandat mondial des filiales canadiennes**, Julian Birkinshaw, Institute of International Business, Stockholm School of Economics, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1996.
- N° 10 **R-D et croissance de la productivité dans le secteur manufacturier et l'industrie du matériel de communications au Canada**, Jeffrey I. Bernstein, Université Carleton et National Bureau of Economic Research, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1996.

- N° 11 **Évolution à long terme de la convergence régionale au Canada**, Serge Coulombe, Département de sciences économiques, Université d'Ottawa, et Frank C. Lee, Industrie Canada, 1996.
- N° 12 **Les répercussions de la technologie et des importations sur l'emploi et les salaires au Canada**, Frank C. Lee, Industrie Canada, 1996.
- N° 13 **La formation d'alliances stratégiques dans les industries canadiennes : une analyse microéconomique**, Sunder Magun, Applied International Economics, 1996.
- N° 14 **Performance de l'emploi dans l'économie du savoir**, Surendra Gera, Industrie Canada, et Philippe Massé, Développement des ressources humaines Canada, 1997.
- N° 15 **L'économie du savoir et l'évolution de la production industrielle**, Surendra Gera, Industrie Canada, et Kurt Mang, ministère des Finances, 1997.
- N° 16 **Stratégies commerciales des PME et des grandes entreprises au Canada**, Gilles Mcdougall et David Swimmer, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1997.
- N° 17 **Incidence sur l'économie mondiale des réformes en matière d'investissement étranger et de commerce mises en oeuvre en Chine**, Winnie Lam, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1997.
- N° 18 **Les disparités régionales au Canada : diagnostic, tendances et leçons pour la politique économique**, Serge Coulombe, Département de science économique, Université d'Ottawa, 1997.
- N° 19 **Retombées de la R-D entre industries et en provenance des États-Unis, production industrielle et croissance de la productivité au Canada**, Jeffrey I. Bernstein, Université Carleton et National Bureau of Economic Research, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.
- N° 20 **Technologie de l'information et croissance de la productivité du travail : analyse empirique de la situation au Canada et aux États-Unis**, Surendra Gera, Wulong Gu et Frank C. Lee, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1998.

COLLECTION DOCUMENTS DE DISCUSSION

- N° 1 **Les multinationales comme agents du changement : définition d'une nouvelle politique canadienne d'investissement étranger direct**, Lorraine Eden, Université Carleton, 1994.
- N° 2 **Le changement technologique et les institutions économiques internationales**, Sylvia Ostry, Centre for International Studies, Université de Toronto, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

- N° 3 **La régie des sociétés au Canada et les choix sur le plan des politiques**, Ronald J. Daniels, Faculté de droit, Université de Toronto, et Randall Morck, Faculté d'administration des affaires, Université de l'Alberta, 1996.
- N° 4 **L'investissement étranger direct et les politiques d'encadrement du marché : réduire les frictions dans les politiques axées sur la concurrence et la propriété intellectuelle au sein de l'APEC**, Ronald Hirshhorn, 1996.
- N° 5 **La recherche d'Industrie Canada sur l'investissement étranger : enseignements et incidence sur les politiques**, Ronald Hirshhorn, 1997.
- N° 6 **Rivalité sur les marchés internationaux et nouveaux enjeux pour l'Organisation mondiale du commerce**, Edward M. Graham, Institute for International Economics, Washington (DC), dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

COLLECTION DOCUMENTS HORS SÉRIE

- N° 1 **Obstacles officiels et officieux à l'investissement dans les pays du G-7 : analyse par pays**, Industrie Canada, personnel de la Direction de l'analyse de la politique micro-économique, notamment Ashfaq Ahmad, Colleen Barnes, John Knublely, Rosemary D. MacDonald et Christopher Wilkie, 1994.
- Obstacles officiels et officieux à l'investissement dans les pays du G-7 : résumé et conclusions**, Industrie Canada, personnel de la Direction de l'analyse de la politique micro-économique, notamment Ashfaq Ahmad, Colleen Barnes et John Knublely, 1994.
- N° 2 **Les initiatives d'expansion commerciale dans les filiales de multinationales au Canada**, Julian Birkinshaw, Université Western Ontario, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.
- N° 3 **Le rôle des consortiums de R-D dans le développement de la technologie**, Vinod Kumar, Research Centre for Technology Management, Université Carleton, et Sunder Magun, Centre de droit et de politique commerciale, Université d'Ottawa et Université Carleton, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.
- N° 4 **Écarts hommes/femmes dans les programmes universitaires**, Sid Gilbert, Université de Guelph, et Alan Pomfret, King's College, Université Western Ontario, 1995.
- N° 5 **La compétitivité : notions et mesures**, Donald G. McFetridge, Département d'économique, Université Carleton, 1995.
- N° 6 **Aspects institutionnels des stimulants fiscaux à la R-D : le crédit d'impôt à la RS&DE**, G. Bruce Doern, École d'administration publique, Université Carleton, 1995.
- N° 7 **La politique de concurrence en tant que dimension de la politique économique : une analyse comparative**, Robert D. Anderson et S. Dev Khosla,

- Direction de l'économie et des affaires internationales, Bureau de la politique de concurrence, Industrie Canada, 1995.
- N° 8 **Mécanismes et pratiques d'évaluation des répercussions sociales et culturelles des sciences et de la technologie**, Liora Salter, Osgoode Hall Law School, Université de Toronto, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.
- N° 9 **Sciences et technologie : perspectives sur les politiques publiques**, Donald G. McFetridge, Département d'économie, Université Carleton, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.
- N° 10 **Innovation endogène et croissance : conséquences du point de vue canadien**, Pierre Fortin, Université du Québec à Montréal et Institut canadien de recherches avancées, et Elhanan Helpman, Université de Tel-Aviv et Institut canadien de recherches avancées, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.
- N° 11 **Les rapports université-industrie en sciences et technologie**, Jérôme Doutriaux, Université d'Ottawa et Margaret Barker, Meg Barker Consulting, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.
- N° 12 **Technologie et économie : examen de certaines relations critiques**, Michael Gibbons, Université de Sussex, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.
- N° 13 **Le perfectionnement des compétences des cadres au Canada**, Keith Newton, Industrie Canada, 1995.
- N° 14 **Le facteur humain dans le rendement des entreprises : stratégies de gestion axées sur la productivité et la compétitivité dans l'économie du savoir**, Keith Newton, Industrie Canada, 1996.
- N° 15 **Les charges sociales et l'emploi — Un examen de la documentation**, Joni Baran, Industrie Canada, 1996.
- N° 16 **Le développement durable : concepts, mesures et déficiences des marchés et des politiques au niveau de l'économie ouverte, de l'industrie et de l'entreprise**, Philippe Crabbé, Institut de recherche sur l'environnement et l'économie, Université d'Ottawa, 1997.
- N° 17 **La mesure du développement durable : étude des pratiques en vigueur**, Peter Hardi, Stephan Barg et Tony Hodge, Institut international du développement durable, 1997.
- N° 18 **Réduction des obstacles réglementaires au commerce : leçons à tirer de l'expérience européenne pour le Canada**, Ramesh Chaitoo et Michael Hart, Centre de droit et de politique commerciale, Université Carleton, 1997.
- N° 19 **Analyse des mécanismes de règlement des différends commerciaux internationaux et conséquences pour l'Accord canadien sur le commerce intérieur**, E. Wayne Clendenning et Robert J. Clendenning, E. Wayne Clendenning & Associates Inc., dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1997.

PUBLICATIONS CONJOINTES

Capital Budgeting in the Public Sector, en collaboration avec l'Institut John Deutsch, sous la direction de Jack Mintz et Ross S. Preston, 1994.

Infrastructure and Competitiveness, en collaboration avec l'Institut John Deutsch, sous la direction de Jack Mintz et Ross S. Preston, 1994.

Getting the Green Light: Environmental Regulation and Investment in Canada, en collaboration avec l'Institut C. D. Howe, sous la direction de Jamie Benidickson, G. Bruce Doern et Nancy Olewiler, 1994.

Pour obtenir des exemplaires de l'un des documents publiés dans le cadre du *Programme des publications de recherche*, veuillez communiquer avec le :

Responsable des publications
Analyse de la politique micro-économique
Industrie Canada
5^e étage, tour ouest
235, rue Queen
Ottawa (Ontario) K1A 0H5

N^o de téléphone : (613) 952-5704

N^o de télécopieur : (613) 991-1261

Courrier électronique : fumerton.cheryl@ic.gc.ca