

Croissance de l'utilisation des technologies de pointe dans le secteur canadien de la fabrication durant les années 90

par

John R. Baldwin *
Ed Rama **
David Sabourin ***

No. 105

11F0019MPE No. 105
ISSN: 1200-5231
ISBN: 0-660-96272-1

Division de l'analyse micro-économique
Statistique Canada
24 étage, Immeuble R.-H. Coats
Ottawa, K1A 0T6
Télécopieur: (613) 951-5403

(613) 951-8588 *
Courriel : baldjoh@statcan.ca

(613) 951-5687 **
Courriel : ed.rama@statcan.ca

(613) 951-3735 ***
Courriel : sabodav@statcan.ca

Le 14 décembre, 1999

Ce document reflète les opinions des auteurs uniquement et non celles de Statistique Canada.

Also available in English

Table des matières

RÉSUMÉ	V
SOMMAIRE	VII
1. INTRODUCTION.....	1
2. DONNÉES	2
3. CROISSANCE DE L'UTILISATION DES GROUPES FONCTIONNELS DE TECHNOLOGIES DE POINTE	5
4. CROISSANCE DE L'UTILISATION DE CHACUNE DES TECHNOLOGIES DE POINTE.....	6
5. CROISSANCE DE L'UTILISATION DES TECHNOLOGIES DE POINTE PAR TRANCHE DE TAILLE	8
5.1 UTILISATION DES GROUPES FONCTIONNELS DE TECHNOLOGIES DE POINTE PAR TRANCHE DE TAILLE.....	9
6. CROISSANCE DE L'UTILISATION DES TECHNOLOGIES DE POINTE SUIVANT LES INTÉRÊTS AUXQUELS LES ENTREPRISES APPARTIENNENT	12
6.1 UTILISATION DES GROUPES FONCTIONNELS DE TECHNOLOGIES DE POINTE SUIVANT LA STRUCTURE DES INTÉRÊTS AUXQUELS LES USINES APPARTIENNENT	13
6.2 DIFFÉRENCES AU NIVEAU DE LA NATIONALITÉ DES INTÉRÊTS AUXQUELS LES USINES APPARTENAIENT PAR TRANCHE DE TAILLE.....	16
7. CROISSANCE DE L'UTILISATION DES TECHNOLOGIES DE POINTE SUIVANT L'INDUSTRIE .	21
8. ANALYSE MULTIDIMENSIONNELLE	24
SÉLECTION D'UN MODÈLE	24
VARIABLE DÉPENDANTE	24
VARIABLES EXPLICATIVES	24
PROCÉDURES D'ESTIMATION.....	25
RÉSULTATS EMPIRIQUES	26
9. CONCLUSION	29
ANNEXE A : VENTILATION DES TAUX D'ADOPTION DES TECHNOLOGIES DE POINTE INCLUSE DANS CHAQUE ENQUÊTE SUR L'UTILISATION DE CES TECHNOLOGIES	31
ANNEXE B : CLASSEMENTS SUR LE PLAN GLOBAL ET DES GROUPES FONCTIONNELS AU NIVEAU DE L'UTILISATION DES TECHNOLOGIES DE POINTE PAR INDUSTRIE – 1989 ET 1998 ...	32
BIBLIOGRAPHIE.....	33

Résumé

Le présent document fournit un aperçu de la croissance de l'utilisation des technologies de pointe au cours de la dernière décennie dans les établissements canadiens de fabrication. Il présente le pourcentage d'usines qui utilisaient l'une des technologies de pointe étudiées et la nature de l'évolution de leur utilisation entre 1989 et 1998. Il est aussi consacré à un examen du degré de variation dans les années 90 des taux de croissance de l'utilisation des différentes technologies de pointe à l'intérieur d'aspects fonctionnels bien précis du processus de production, comme la conception et l'ingénierie, la fabrication, les communications et l'intégration et le contrôle. Afin de découvrir en quoi les changements au niveau de l'utilisation des technologies de pointe sont reliés à certaines caractéristiques des usines, le document est ensuite consacré à un examen visant à déterminer si la croissance de l'utilisation des technologies en question varie entre des usines qui diffèrent par leur taille, la nationalité des intérêts auxquels elles appartiennent et l'industrie dont elles font partie. On y utilise une analyse multidimensionnelle pour examiner les effets conjoints de la taille d'une usine, de son appartenance à des intérêts étrangers et de l'industrie dont elle fait partie sur la fréquence d'adoption des technologies de pointe et de quelle(s) façon(s) ces effets ont évolué au cours de la dernière décennie.

Mots clés : croissance, utilisation des technologies de pointe

Sommaire

À l'aide de données découlant de trois enquêtes distinctes de Statistique Canada consacrées à une étude de l'utilisation des technologies de pointe dans le secteur de la fabrication, le présent document expose en détail la croissance de l'utilisation de ces technologies au cours de la période comprise entre 1989 et 1998. Il est aussi consacré à un examen des aspects fonctionnels du processus de production (la conception et l'ingénierie, le traitement et la fabrication, les communications et l'intégration et le contrôle) au niveau desquels la croissance de l'utilisation des technologies en question a été la plus élevée. Il est finalement consacré à un examen du degré de variation de la croissance de l'utilisation des technologies de pointe entre des usines qui diffèrent par la taille, la nationalité des intérêts auxquels elles appartiennent et le type d'industrie dont elles font partie. Il conclut que :

- Si la croissance de l'utilisation des technologies de pointe durant la période de récession comprise entre 1989 et 1993 a été modeste, les taux de croissance de leur utilisation ont augmenté considérablement entre 1993 et 1998. Les taux de croissance les plus rapides au niveau de leur utilisation au cours de la dernière période ont été enregistrés dans le groupe fonctionnel des technologies de communication.
- Les technologies de communication, pour lesquelles on a enregistré le taux de croissance le plus élevé d'utilisation durant la période comprise entre 1993 et 1998, représentaient l'aspect du processus de production auquel était relié dans les années 80 le rendement supérieur des usines (pour ce qui était de l'augmentation de la part de marché et de la hausse de la productivité de la main-d'œuvre).
- Les technologies de pointe dont le taux d'utilisation a crû le plus ont été celles des réseaux informatiques inter-entreprises, des réseaux locaux, des systèmes de CAO/FAO, des automates programmables et du logiciel à base de connaissance.
- La croissance de l'utilisation des technologies de pointe a été importante dans toutes les tranches de taille; les usines des tranches de petite taille n'ont pas rattrapé de façon significative celles des tranches de grande taille.
- Les taux d'adoption des technologies de pointe par les usines qui appartenaient à des intérêts étrangers étaient plus élevés que ceux des usines qui appartenaient à des intérêts nationaux en 1989 et ce fossé s'est énormément élargi pour presque tous les groupes fonctionnels de telles technologies durant la période de récession comprise entre 1989 et 1993. Même s'il n'a pas continué à s'élargir dans tous les domaines après 1993, le fossé n'avait pas été considérablement réduit en 1998.
- Le piètre rendement des usines qui appartenaient à des intérêts nationaux par rapport à celui des usines qui appartenaient à des intérêts étrangers au cours de cette période a surtout été observé dans les tranches de taille moyenne et dans les tranches de petite taille.

- Les industries qui produisent des innovations destinées aux machines et au matériel ou qui fabriquent des produits intermédiaires diffusés auprès d'autres secteurs ont tendance à utiliser davantage les technologies de pointe. L'innovation va de pair avec l'utilisation de ces dernières.

1. Introduction

Le présent document fournit un aperçu de la croissance de l'utilisation des technologies de pointe au cours de la dernière décennie, des types de technologies en question dont les taux d'utilisation ont crû le plus et des types particuliers d'usines qui ont adopté le plus rapidement de telles technologies.

Notre premier objectif consiste à déterminer si l'utilisation des technologies de pointe a crû au cours des dix dernières années. L'innovation est un facteur clé qui sous-tend la croissance économique d'une entreprise (Baldwin, 1999). Les entreprises qui élaborent les meilleures stratégies novatrices sont plus susceptibles de connaître le succès. L'un des éléments clés de toute stratégie d'innovation couronnée de succès est l'importance accordée à la mise au point et à l'utilisation de technologies de pointe. Lors d'une recherche précédente, nous avons constaté que les entreprises qui utilisaient des technologies de pointe en 1989 avaient joui de niveaux plus élevés de productivité, de rentabilité et de croissance dans les années 80 que ceux des entreprises qui n'utilisaient pas de telles technologies (Baldwin, Diverty et Sabourin, 1995). Puisque l'utilisation des technologies de pointe était associée à un rendement supérieur dans les années 80, nous nous attendrions à ce que l'adoption de telles technologies ait augmenté dans les années 90. L'ampleur de cette augmentation révèle à quelle vitesse les entreprises canadiennes adoptent les technologies perçues comme des technologies entraînant des gains de productivité dans l'industrie.

Notre deuxième objectif consiste à déterminer dans quelle mesure les taux de croissance de l'utilisation des différentes technologies de pointe ont varié durant les années 90 et à évaluer si ces différences correspondent à nos preuves quant aux répercussions relatives de ces technologies pendant les années 80. Nos recherches précédentes ont révélé que le succès d'une usine dans les années 80 était plus étroitement relié à l'utilisation de certains types de technologies de pointe. Les répercussions les plus importantes de l'utilisation des technologies de pointe sur le succès d'une usine découlaient de l'utilisation des technologies d'inspection et de communication de ce genre. Ce sont des technologies au cœur de la révolution « en douceur » au sein du secteur de la fabrication, où les systèmes automatisés d'information se combinent aux machines de pointe (Bylinsky, 1994). Durant les années 80, c'est dans les établissements qui utilisaient des technologies de communication de pointe qu'on enregistrait les taux les plus élevés d'augmentation de la productivité de la main-d'œuvre et des salaires. Ces établissements ont également gagné une part de marché. D'autres technologies de pointe, en particulier celles du groupe fonctionnel des technologies de la fabrication, étaient également associées à des gains au niveau de la part de marché et des taux relatifs de productivité de la main-d'œuvre et de salaire.

Notre troisième objectif consiste à découvrir si des changements au niveau de l'utilisation des technologies de pointe sont reliés à certaines caractéristiques des usines. Malgré les liens entre l'utilisation des technologies de pointe et le succès, toutes les entreprises n'adoptent pas de telles technologies. Même les entreprises qui adoptent des technologies de pointe le font à des rythmes différents. On observe des différences au niveau de l'utilisation des technologies de pointe entre les tranches de taille des usines, entre les industries et entre les usines qui diffèrent par la nationalité des intérêts auxquels elles appartiennent, c'est-à-dire entre les entreprises contrôlées

par des intérêts nationaux par rapport à celles appartenant à des intérêts étrangers. Les grandes entreprises ont été associées dans le passé à des taux d'adoption des technologies de pointe plus élevés (Baldwin et Sabourin, 1995). On considère que les entreprises étrangères possèdent des moyens technologiques supérieurs et on a précédemment montré qu'elles sont plus susceptibles d'utiliser des technologies de pointe (Baldwin et Diverty, 1995). L'environnement scientifique diffère en outre d'une industrie à une autre (Jaakkola et Tenhunen, 1993), certaines industries possédant des possibilités technologiques plus élevées que d'autres. Dans le présent document, nous examinons de quelle(s) façon(s) les différences au niveau de l'utilisation des technologies de pointe sont associées à la taille des usines, à la nationalité des intérêts auxquels elles appartiennent et à l'industrie à l'intérieur de laquelle elles se situent. Nous nous y demandons également si les différences au niveau de l'utilisation des technologies de pointe entre les usines dont la taille, la nationalité des intérêts auxquels elles appartenaient ou les industries dont elles faisaient partie différaient ont évolué au cours des dix dernières années.

Nous avons structuré notre document comme suit. Nous y décrivons premièrement nos sources de données. Nous y examinons deuxièmement la fréquence d'utilisation des technologies de pointe pendant trois années distinctes (1989, 1993 et 1998) au cours d'une période de dix ans. Nous y examinons troisièmement les différences au niveau des taux d'adoption des technologies de pointe entre des usines de tailles différentes et entre des usines qui appartenaient à des intérêts étrangers.

Tf 1.240.0 TD -2.023 Tf 30091312w [(r)m 33 1034u des 119se 99m.18 TTc 0anali)]8)4.6(s2dif -1. Tw (é)Tj /F5 1
w -30.4f [(Nous)10(y)295nt le)46989, 19933 -1.18 T005s

On a apporté plusieurs modifications aux microdonnées établies à partir de chaque enquête de façon à tenir compte des différences méthodologiques, afin de comparer les changements au niveau de l'utilisation des technologies de pointe au fil du temps.

Premièrement, même si chaque échantillon était tiré au hasard d'une population d'établissements de fabrication stratifiée suivant la taille et l'industrie, les bases de sondage différaient sur le plan de la couverture des petites usines. On a fait appel pour l'enquête de 1989 à une base qui était la moins détaillée au chapitre de la couverture des petites usines, puisqu'elle a été établie à partir d'une base utilisée pour l'enquête mensuelle. D'un autre côté, on a fait appel pour l'enquête de 1993 à la base de sondage plus récente et plus détaillée établie à partir du Registre des entreprises et qui couvrait l'univers entier des petits et des gros établissements de fabrication. L'enquête de 1998 reposait également sur le Registre des entreprises, mais excluait délibérément toutes les usines de moins de 10 employés. Puisque l'utilisation des technologies de pointe diffère considérablement suivant la taille des usines, on a apporté des ajustements aux données fournies par les trois enquêtes de façon à rendre les comparaisons intertemporelles significatives. La population commune qui a été choisie couvre les usines de 10 employés ou plus qui faisaient partie du secteur canadien de la fabrication.

Deuxièmement, nous devons choisir à partir de chacune des enquêtes utilisées une liste commune de technologies de pointe pour calculer la croissance de l'utilisation de ces dernières au fil du temps. Nous définissons la fréquence d'utilisation des technologies de pointe dans la présente étude comme étant le pourcentage d'établissements qui ont indiqué qu'ils utilisaient l'une des technologies de pointe. Afin d'établir des comparaisons au niveau de l'utilisation des technologies de pointe au fil du temps, nous n'incluons que les technologies communes à toutes les années (c'est-à-dire 17 technologies au total). Ces technologies sont agrégées en groupes correspondant généralement aux différents aspects fonctionnels du processus de production. Il y a six groupes fonctionnels au total. Ce sont la conception et l'ingénierie, le traitement et la fabrication, les réseaux de communication, l'intégration et le contrôle, l'inspection, ainsi que la manutention automatisée des matières. Deux des groupes fonctionnels (les systèmes automatisés de manutention [ou la manutention automatisée des matières] et l'inspection) ne renferment qu'une seule technologie chacun et leur taux d'adoption a tendance à être plus faible. Même si la fréquence d'utilisation des technologies de pointe dans les deux derniers cas est incluse dans notre analyse, notre rapport sera surtout axé sur l'utilisation des technologies de pointe à l'intérieur de chacun des quatre principaux groupes : la conception et l'ingénierie, le traitement et la fabrication, les réseaux de communication, ainsi que l'intégration et le contrôle. Les 17 technologies communes à toutes les enquêtes sont énumérées par groupe fonctionnel au tableau 2.1, où chaque groupe correspond à une partie différente, quoique reliée, du processus de production. Une liste détaillée de toutes les technologies visées par les trois enquêtes est incluse à l'annexe A.

Tableau 2.1 Technologies de pointe par groupe fonctionnel

TECHNOLOGIES	DESCRIPTION
<p>CONCEPTION ET INGÉNIERIE Conception et ingénierie assistées par ordinateur (CAO/IAO)</p> <p>Résultats de la CAO appliqués au contrôle de la fabrication (CAO/FAO)</p> <p>Représentation numérique des données ou technologies de modélisation ou de simulation</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation de logiciels pour concevoir et mettre à l'essai de nouveaux produits • La fabrication assistée par ordinateur fait appel à la production des systèmes de CAO pour contrôler les machines qui fabriquent la pièce ou le produit • Utilisées pour fournir une visualisation informatique du rendement d'un système de conception assistée par ordinateur, comme la simulation de la circulation de plastique fluide à l'intérieur d'un moule à injection
<p>TRAITEMENT, FABRICATION ET ASSEMBLAGE Systèmes de fabrication flexibles</p> <p>Automates programmables</p> <p>Lasers utilisés dans le traitement des matériaux</p> <p>Robots munis de capteurs</p> <p>Robots dépourvus de capteurs</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Collections de machines-outils commandées par ordinateur, entretenues par des robots et/ou des systèmes automatisés de manutention des matières surveillés par des ordinateurs • Dispositifs à semi-conducteurs programmables servant de dispositifs de commutation • Utilisés pour souder, découper, traiter, tracer et marquer • Robots programmés pour modifier leur fonction d'après des données d'entrée de capteurs – robots plus perfectionnés • Robots programmés pour effectuer des tâches simples, par exemple, pour prendre et placer – robots moins perfectionnés
<p>SYSTÈMES AUTOMATISÉS DE MANUTENTION Stockage mécanisé automatisé</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation de matériel commandé par ordinateur pour manutentionner et stocker des biens et des matériaux
<p>INSPECTION Autres systèmes automatisés munis de capteurs servant à l'inspection ou à la mise à l'essai de pièces ou de produits finis</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Matériel automatisé muni de capteurs servant à l'inspection ou à la mise à l'essai de pièces ou de produits finis
<p>RÉSEAUX DE COMMUNICATION Réseau local pour les besoins de l'ingénierie ou de la production</p> <p>Réseau informatique inter-entreprises</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Réseaux de communication à l'intérieur d'une usine servant à l'échange d'information sur le « plancher » de l'atelier et avec les services de conception et d'ingénierie • Réseaux à grande distance de communication qui relient des établissements avec leurs sous-traitants, leurs fournisseurs et leurs clients
<p>INTÉGRATION ET CONTRÔLE Planification des ressources de fabrication</p> <p>Ordinateurs exerçant un contrôle à l'intérieur des usines</p> <p>Production assistée par ordinateur</p> <p>Système d'acquisition et de contrôle des données (SACD)</p> <p>Logiciel à base de connaissance</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Système d'information servant à suivre la trace du chargement de machines, de l'établissement des calendriers/des horaires de production, du contrôle des stocks et de la manutention des matières • Il s'agit de machines « autonomes » réservées au contrôle du processus/procédé de fabrication et d'autres fonctions • Usine totalement automatisée, où toutes les activités du début à la fin sont coordonnées par des ordinateurs • Technologie qui suppose une surveillance et un contrôle « en temps réel » des processus de production • Systèmes logiciels qui font appel à l'intelligence artificielle ou à des règles fondées sur la connaissance des processus/procédés pour contrôler les processus/procédés de fabrication

3. Croissance de l'utilisation des groupes fonctionnels de technologies de pointe

Les différences au niveau de la fréquence d'utilisation des technologies de pointe en 1989, en 1993 et en 1998 (Tableau 3.1) montrent que la croissance de leur utilisation a été relativement lente durant la première moitié des années 90, période pendant laquelle le secteur de la fabrication souffrait d'une importante récession économique. Cette période a été suivie durant la dernière moitié de la décennie par une période de croissance très marquée au niveau de l'utilisation des technologies de pointe, pendant laquelle l'économie s'est rétablie et s'est développée plus rapidement.

En 1989, les taux d'adoption des quatre principaux groupes fonctionnels de technologies de pointe ont été relativement similaires. Une usine sur cinq a utilisé au moins une technologie de pointe de chacun des quatre principaux groupes fonctionnels de ces dernières (Tableau 3.1). Les technologies de traitement et de fabrication de pointe ouvraient la marche, 21 p. 100 des établissements de fabrication utilisant au moins une technologie de pointe de ce groupe fonctionnel. Les trois autres principaux groupes fonctionnels de technologies de pointe tiraient légèrement de l'arrière, avec des taux d'adoption de 17 points de pourcentage chacun.

La croissance de l'utilisation des technologies de pointe durant la période comprise entre 1989 et 1993 a été relativement modeste. On peut attribuer le rythme lent d'adoption des technologies de pointe durant la première moitié de la décennie aux pressions exercées par la récession sur l'économie canadienne à la fin des années 80 et au début des années 90. Malgré cela, la croissance de l'utilisation des technologies de conception et d'ingénierie de pointe a réussi à atteindre un taux relativement élevé de 17 points de pourcentage durant cette période. L'utilisation des technologies d'intégration et de contrôle et de traitement et de fabrication a crû faiblement au cours de cette période, les taux d'adoption pour ces technologies augmentant de quatre à sept points de pourcentage. On n'a constaté pratiquement aucune croissance pour les technologies des réseaux de communication au début des années 90.

À l'opposé de ce qu'on avait observé au début des années 90, on a constaté durant la seconde partie de la décennie une augmentation spectaculaire au niveau de l'adoption des technologies de pointe de tous les principaux groupes fonctionnels de telles technologies. Contrairement à la première période, c'est au niveau de l'adoption des technologies de pointe des réseaux de communication que la croissance a été la plus élevée durant la dernière moitié de la décennie. L'utilisation des technologies de communication de pointe, dont la croissance a été pratiquement nulle au début des années 90, ouvrait la marche, avec une augmentation de 29 points de pourcentage, ce qui souligne l'importance croissante de ces technologies. Les technologies d'intégration et de contrôle ont maintenu leur solide deuxième position, leur croissance d'utilisation ayant été de 25 points de pourcentage, tandis que l'utilisation des technologies du traitement et de la fabrication a crû à un taux énormément plus élevé (de 20 points de pourcentage) qu'elle l'avait fait précédemment. La croissance de l'utilisation du groupe fonctionnel des technologies de conception et d'ingénierie de pointe est restée constante, à 17 points de pourcentage.

Tableau 3.1 Utilisation des groupes fonctionnels de technologies de pointe – 1989 à 1998 (pondérée suivant les établissements)

TECHNOLOGIES	Utilisation		
	(% d'établissements)		
	1989	1993	1998
Conception et ingénierie	17	34	51
Traitement, fabrication et assemblage	21	25	44
Réseaux de communication	17	18	47
Intégration et contrôle	17	24	49
Manutention automatisée des matières	5	4	5
Inspection	10	10	13

À la fin des années 90, il y avait peu de variations au niveau de l'utilisation des technologies de pointe entre les quatre principaux groupes fonctionnels de ces dernières. À peu près la moitié des usines utilisait des technologies de pointe de chacun de ces groupes fonctionnels. C'est au niveau des technologies de conception et d'ingénierie, d'intégration et de contrôle et de communication de pointe que la fréquence d'utilisation était la plus élevée en 1998, les technologies de traitement et de fabrication tirant légèrement de l'arrière sur ce plan.

Ces résultats montrent que les taux de croissance relative de l'utilisation des technologies de pointe enregistrés à la fin des années 90 (après la récession du début de la décennie) correspondent étroitement au rendement ou au succès relatif de ces différentes technologies dans les années 80. C'est l'utilisation des technologies de communication qui croît le plus rapidement et ensuite celle des technologies d'intégration et de contrôle. C'est à l'utilisation de ces technologies qu'on associait les plus grands succès au cours de la décennie précédente. Chose intéressante cependant, les taux de croissance de l'utilisation de ces technologies n'ont pas augmenté jusqu'à la phase d'expansion du cycle économique.

4. Croissance de l'utilisation de chacune des technologies de pointe

Durant la période de cinq ans comprise entre 1989 et 1993, les taux de croissance de l'utilisation des technologies de pointe ont été relativement faibles ou modérés, sauf dans le cas du groupe fonctionnel des technologies de conception et d'ingénierie. Les technologies informatiques et de communication de pointe ont pris une importance croissante durant la seconde moitié (entre 1993 et 1998) de la période de dix ans ici visée. Pour fournir un portrait plus complet, nous étudions davantage dans la présente section la croissance du taux d'adoption des technologies de pointe de chacun des groupes fonctionnels de ces dernières (Tableau 4.1).

Tableau 4.1 Croissance de l'utilisation de chacune des technologies de pointe – 1989 à 1998

TECHNOLOGIES	1989	1993	1998	Changement de 1989 à 1998
	% d'établissements			Points de pourcentage
CONCEPTION ET INGÉNIERIE				
Conception assistée par ordinateur/ingénierie assistée par ordinateur (CAO/IAO)	15	30	44	29
Conception assistée par ordinateur/fabrication assistée par ordinateur (CAO/FAO)	6	15	36	30
Représentation numérique des résultats de la CAO (technologies de modélisation ou de simulation)	4	7	17	13
TRAITEMENT ET FABRICATION				
Cellules ou systèmes de fabrication flexibles	7	7	15	8
Automates programmables	15	18	37	22
Lasers utilisés dans le traitement des matériaux	2	4	9	7
Bras-transferts	3	5	7	4
Autres robots	3	4	8	5
RÉSEAUX DE COMMUNICATION				
Réseau local de données techniques et/ou pour les besoins de l'usine/de la production	12	13	36	24
Réseau informatique inter-entreprises	9	9	29	20
INTÉGRATION ET CONTRÔLE				
Planification des ressources de fabrication (PRF II)/planification des ressources de l'entreprise (PRE)	8	9	21	13
Ordinateurs exerçant un contrôle à l'intérieur des usines	10	16	31	21
Production assistée par ordinateur	3	7	18	15
Système d'acquisition et de contrôle des données (SACD)	5	8	16	11
Logiciel à base de connaissance	2	2	18	16
SYSTÈMES AUTOMATISÉS DE MANUTENTION				
Stockage mécanisé automatisé	4	4	5	1
INSPECTION				
Autres systèmes automatisés munis de capteurs servant à l'inspection ou à la mise à l'essai de pièces ou de produits finis	10	10	13	3

C'est au niveau du groupe fonctionnel des technologies de pointe des réseaux de communication que les changements les plus importants ont été observés sur le plan des taux de croissance d'utilisation entre les deux périodes de comparaison. L'utilisation de ces technologies, qui n'a pratiquement pas crû durant la période comprise entre 1989 et 1993, a atteint certains des taux de croissance les plus élevés pendant la période échelonnée de 1993 à 1998. Par exemple, la croissance de l'utilisation des technologies de pointe des réseaux informatiques inter-entreprises est passée d'un taux nul durant la première période à une augmentation de 20 points de pourcentage durant la seconde. Le taux de croissance de l'utilisation des technologies de pointe des réseaux locaux de données techniques a également augmenté dans une proportion importante, de 24 points de pourcentage, ce qui constitue l'augmentation la plus élevée au niveau de l'utilisation des technologies de pointe durant la période comprise entre 1993 et 1998.

La croissance de l'utilisation du groupe fonctionnel des technologies de conception et d'ingénierie de pointe était en grande partie attribuable à la hausse rapide de l'utilisation tant du matériel de conception et d'ingénierie assistées par ordinateur (CAO/IAO) que du matériel de conception et de fabrication assistées par ordinateur (CAO/FAO). C'est au niveau des

technologies de CAO/IAO de pointe que les taux d'adoption des technologies étudiées ont été les plus élevés durant les trois périodes d'enquête (1989, 1993 et 1998). L'utilisation par les établissements des technologies de CAO/IAO de pointe a augmenté d'environ 15 points de pourcentage durant les deux périodes de la décennie 1989 à 1998. L'utilisation des technologies de CAO/FAO de pointe a, quant à elle, augmenté de façon modérée durant la première période (de 9 points de pourcentage) et s'est accrue grandement durant la seconde période (de 21 points de pourcentage). L'autre technologie de pointe de ce groupe fonctionnel, la représentation numérique des résultats de la CAO, a crû dans une proportion relativement faible, de trois points de pourcentage, entre 1989 et 1993, mais en 1998 l'utilisation des technologies du même groupe fonctionnel avait augmenté régulièrement. L'utilisation de la technologie de la représentation numérique des résultats de la CAO a crû de 10 points de pourcentage entre 1993 et 1998.

L'utilisation des technologies de pointe du groupe fonctionnel de l'intégration et du contrôle a augmenté à des taux de croissance un peu plus faibles pendant la période comprise entre 1989 et 1993, ces taux allant de 0 point de pourcentage pour le logiciel à base de connaissance à six points de pourcentage pour les ordinateurs exerçant un contrôle à l'intérieur des usines, en passant par trois points de pourcentage pour le système d'acquisition et de contrôle des données. Durant la seconde période cependant, l'utilisation des technologies de pointe de ce groupe a crû de façon importante. C'est au niveau de l'utilisation du logiciel à base de connaissance et des ordinateurs exerçant un contrôle à l'intérieur des usines que la croissance a été la plus élevée, d'environ 15 points de pourcentage dans chaque cas, même si une définition plus large de la catégorie logiciel à base de connaissance peut expliquer en partie cette croissance.

La croissance de l'utilisation des technologies de traitement et de fabrication a été pratiquement nulle durant la période comprise entre 1989 et 1993. Pendant la période échelonnée de 1993 à 1998 cependant, les choses ont changé. L'utilisation des systèmes de fabrication flexibles a montré les signes d'une croissance modérée durant cette seconde période, cette croissance se situant à huit points de pourcentage. Pendant cette période, l'utilisation des automates programmables ouvrait la marche, avec une augmentation de 19 points de pourcentage.

La croissance de l'utilisation des technologies de pointe des deux derniers groupes fonctionnels de telles technologies, l'inspection et les systèmes automatisés de manutention, a été peu marquée ou nulle au cours de la période de 10 ans visée par les trois enquêtes, ce qui, allié à de faibles taux d'adoption de ces technologies en 1989, les classe parmi les technologies de pointe les moins utilisées de tous les groupes fonctionnels de ces dernières en 1998.

5. Croissance de l'utilisation des technologies de pointe par tranche de taille

On prétend que l'environnement d'une grande entreprise favorise l'utilisation des technologies de pointe et l'introduction d'innovations. Les preuves voulant que l'innovation augmente ou n'augmente pas proportionnellement à la taille d'une entreprise sont contradictoires (Scherer, 1992), mais celles selon lesquelles les grandes entreprises utilisent davantage les technologies de pointe sont beaucoup plus solides (Baldwin et Sabourin, 1995). Des études antérieures ont révélé

des différences marquées au niveau des taux d'adoption des technologies de pointe par des usines de tailles différentes. Les taux d'adoption des technologies de pointe sont énormément plus élevés dans les grandes usines qu'ils le sont dans les petites (Vickery et Campbell, 1989; Northcott et Vickery, 1993; Baldwin et Sabourin, 1995). Des preuves laissent aussi entendre que le rendement des grandes et des petites usines diffère sensiblement (Baldwin, 1998) et que l'une des raisons majeures qui sous-tendent cette différence de rendement peut tenir à des différences au niveau de l'utilisation des technologies de pointe.

La documentation renferme plusieurs raisons expliquant pourquoi les grandes entreprises ont plus tendance que les entreprises plus petites à adopter des technologies de pointe. Premièrement, il y a l'absence de symétrie au niveau de l'information, les entreprises plus grosses étant mieux informées des nouvelles technologies. Les petites entreprises sont plus susceptibles que les grandes d'indiquer qu'elles souffrent d'un manque d'information scientifique (Baldwin, 1997). Deuxièmement, les entreprises plus importantes ont tendance à disposer de plus de ressources financières et techniques, qui leur permettent d'acquérir des technologies de pointe. Troisièmement, les processus de production des entreprises plus grosses ont tendance à faciliter davantage que les processus/procédés en usage à l'intérieur des entreprises plus petites la mise en place des technologies de pointe (Northcott et Vickery, 1993).

Étant donné que les différences au niveau de l'utilisation des technologies de pointe entre les petites et les grandes usines sont un facteur qui contribue aux différences sur le plan de la tenue de la productivité, nous examinons aux présentes dans quelle mesure les petites usines sont « désavantagées sur le plan technologique » par rapport aux plus grandes. Nous utilisons dans la présente section des données découlant des trois périodes d'enquête pour examiner de quelle(s) façon(s) les taux d'adoption des technologies de pointe diffèrent entre des usines de tailles différentes et si ces différences ont évolué au cours de la dernière décennie.

5.1 Utilisation des groupes fonctionnels de technologies de pointe par tranche de taille

L'utilisation des technologies de pointe augmentait monotoniquement par rapport à la taille d'une usine en 1989. Les taux d'adoption par les grosses usines des technologies de pointe équivalaient à plus du double et parfois à plus du triple des taux d'adoption de ces technologies par les petites au début de la période. Les taux d'adoption des technologies de pointe par les grosses usines étaient aussi énormément supérieurs aux taux d'adoption de ces technologies par les usines de taille moyenne (Tableau 5.1).

Tableau 5.1 Utilisation des groupes fonctionnels de technologies de pointe suivant la taille – 1993 à 1998 (pondérée suivant les établissements)

TECHNOLOGIE	Petit			Moyen			Grand		
	(% d'établissements)								
	1989	1993	1998	1989	1993	1998	1989	1993	1998
Conception et ingénierie	11	28	44	23	37	63	54	72	87
Traitement, fabrication et assemblage	12	15	34	30	34	62	71	70	90
Réseaux de communication	11	10	35	23	24	69	57	60	92
Intégration et contrôle	9	16	38	23	31	66	63	65	90
Manutention automatisée des matières	3	3	4	6	5	6	16	13	17
Inspection	7	6	8	13	13	18	39	41	45

Nota : Les petites, moyennes et grandes usines sont définies comme ayant de 0 à 49, 50 à 249 et 250+ employés respectivement.

La croissance de l'utilisation des technologies de pointe par groupe fonctionnel et par tranche de taille pour la période comprise entre 1989 et 1993 est dépeinte à la Figure 5.1. La croissance de l'utilisation des technologies de pointe durant cette période de récession a été principalement restreinte à la conception et à l'ingénierie et, dans une moindre mesure, à l'intégration et au contrôle. Il vaut la peine de noter que la différence entre les tranches de taille demeure relativement constante, parce que la croissance d'utilisation des technologies de pointe pour chaque tranche de taille est assez similaire. Durant cette période, les taux de croissance de l'utilisation de ces technologies dans les petites, les moyennes et les grandes usines ont été de 18, de 14 et de 20 points de pourcentage respectivement pour le groupe fonctionnel de la conception et de l'ingénierie. En 1993, 28 %, 37 % et 72 % des petites, des moyennes et des grandes usines utilisaient au moins une technologie de pointe de ce groupe fonctionnel. La croissance de l'utilisation des technologies de pointe du groupe fonctionnel de l'intégration et du contrôle a été assez modérée et restreinte aux usines de petite taille et de taille moyenne (de 7 et de 8 points de pourcentage, respectivement). À l'extérieur du groupe fonctionnel de la conception et de l'ingénierie, il n'y a eu pratiquement aucune croissance des taux d'adoption des technologies de pointe dans les grandes usines durant cette période de cinq ans.

L'utilisation des technologies de pointe de chaque groupe fonctionnel a crû de façon importante durant la dernière moitié de la décennie, ce qui valait pour toutes les tranches de taille (Figure 5.2). Les groupes fonctionnels de technologies de pointe dont l'utilisation a crû le plus rapidement durant cette période ont été ceux des réseaux de communication et de l'intégration et du contrôle. Ils étaient suivis par les groupes des technologies de traitement et de fabrication et de conception et d'ingénierie.

Figure 5.1 Croissance de l'utilisation des technologies de pointe par tranche de taille – 1989 à 1993 (pondérée suivant les établissements)

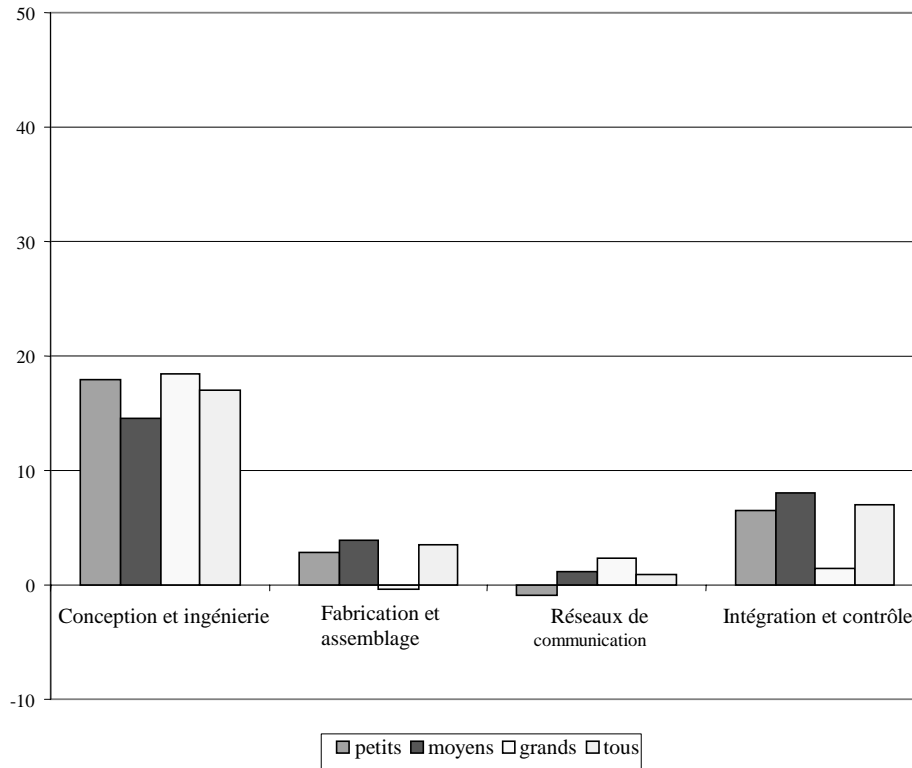
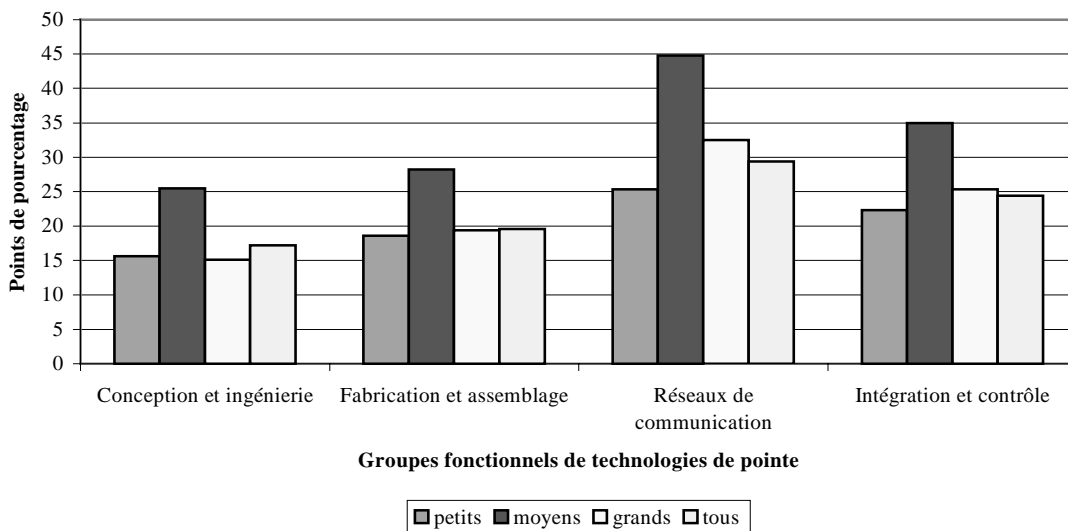


Figure 5.2 Croissance de l'utilisation des technologies de pointe par tranche de taille – 1993 à 1998 (pondérée suivant les établissements)



Il y a eu accroissement de l'utilisation des technologies de pointe des réseaux de communication pour toutes les tranches de taille. Les taux de croissance de l'utilisation de ces technologies ont été de 25, de 44 et de 32 points de pourcentage dans les petites, les moyennes et les grandes usines, respectivement, durant cette période. On a également observé pour toutes les tranches de taille des taux élevés de croissance de l'utilisation de ces technologies dans les trois autres groupes fonctionnels; sur ce plan, les usines de taille moyenne ont également eu tendance à enregistrer les taux de croissance les plus élevés. Les taux de croissance de l'utilisation des technologies en question dans les grandes et les petites usines ont été à peu près les mêmes, sauf pour le groupe fonctionnel des technologies de communication, au niveau duquel les grandes usines ont accru leurs taux d'adoption des technologies de pointe par rapport aux petites.

En résumé, si elle a été modérée durant la première partie de la décennie, la croissance de l'utilisation des technologies de pointe a été considérable pour toutes les tranches de taille au cours de la seconde partie de la décennie. Si l'on excepte le groupe fonctionnel des technologies de communication cependant, les différences au niveau des taux d'adoption des technologies de pointe entre les petites et les grandes usines n'ont pas varié durant les années 90. L'augmentation relative des taux d'adoption des technologies de pointe par les grandes usines par rapport aux petites au niveau du groupe fonctionnel des technologies de communication laisse entendre que les plus petites ont pris du retard sur le plan de l'un des groupes fonctionnels les plus importants au cours de la dernière décennie. À l'opposé, les usines des tranches de taille moyenne ont réduit au cours de la même période le fossé qui les séparait des plus grandes au niveau de tous les groupes fonctionnels de technologies de pointe.

6. Croissance de l'utilisation des technologies de pointe suivant les intérêts auxquels les entreprises appartiennent

L'effet de la nationalité des intérêts auxquels une entreprise appartient sur l'adoption des technologies de pointe constitue une question importante pour le Canada. Avec la mondialisation des marchés, les entreprises appartenant à des intérêts canadiens sont confrontées à un environnement de plus en plus concurrentiel. Cela accroît l'intérêt vis-à-vis de la capacité des entreprises appartenant à des intérêts canadiens de rivaliser avec les entreprises appartenant à des intérêts étrangers.

Les preuves des différences au niveau de la productivité entre les entreprises canadiennes et américaines laissent entendre que les entreprises canadiennes tirent de l'arrière par rapport à leurs contreparties des États-Unis sur le plan des taux de productivité et d'adoption des technologies de pointe (Baldwin et Gorecki, 1986; Baldwin et Dhaliwal, 1999; Baldwin et Sabourin, 1998). Nous faisons valoir dans le présent document d'autres preuves des différences au niveau des taux d'adoption des technologies de pointe entre les usines appartenant à des intérêts canadiens et celles appartenant à des intérêts étrangers et de la nature de l'évolution de ces différences avec le temps.

Les entreprises multinationales, qui représentent plus de 60 % des expéditions du secteur canadien de la fabrication, en constituent une portion importante. Ces entreprises appartenant à des intérêts étrangers jouent un rôle important au niveau du transfert d'idées novatrices d'un État-nation à un autre (Caves, 1982; Dunning, 1993). Le transfert d'aptitudes à l'innovation s'effectue en partie grâce à l'adoption de technologies de pointe qui sont d'abord mises au point à l'étranger. On peut donc s'attendre à ce que les entreprises multinationales soient parmi les entreprises qui utilisent plus intensément des technologies de pointe. Nous avons recours à l'intérieur de la présente section à des résultats découlant des enquêtes sur les technologies de pointe de 1989, de 1993 et de 1998 pour examiner de quelle(s) façon(s) le niveau d'utilisation des technologies de pointe diffère entre les usines appartenant à des intérêts canadiens et celles appartenant à des intérêts étrangers au sein du secteur canadien de la fabrication et de quelle(s) façon(s) ces différences, si c'est le cas, évoluent avec le temps.

6.1 Utilisation des groupes fonctionnels de technologies de pointe suivant la structure des intérêts auxquels les usines appartiennent

Nous notons une différence marquée au niveau des taux d'adoption des groupes fonctionnels de technologies de pointe entre les usines appartenant à des intérêts canadiens et celles appartenant à des intérêts étrangers pour les trois années d'enquête (Tableau 6.1). En 1989, les différences les plus marquées au niveau de l'utilisation des technologies de pointe entre les usines qui appartenaient à des intérêts étrangers et celles qui appartenaient à des intérêts nationaux se situaient dans les domaines des technologies d'intégration et de contrôle et des technologies de traitement.

Durant la récession survenue entre 1989 et 1993, l'utilisation des technologies de pointe dans les usines qui appartenaient à des intérêts étrangers s'est accrue à un rythme plus rapide que leur utilisation dans les entreprises qui appartenaient à des intérêts nationaux. Cela appuie l'idée voulant que les usines appartenant à des intérêts étrangers réagissent moins en général aux conditions macroéconomiques locales ou intérieures.

Tableau 6.1 Utilisation des groupes fonctionnels de technologies de pointe suivant les intérêts auxquels les usines appartenaient – 1989 à 1998 (pondérée suivant les établissements)

TECHNOLOGIES	Enquête de 1989		Enquête de 1993		Enquête de 1998	
	Qui appartenaient à des intérêts canadiens	Qui appartenaient à des intérêts étrangers	Qui appartenaient à des intérêts canadiens	Qui appartenaient à des intérêts étrangers	Qui appartenaient à des intérêts canadiens	Qui appartenaient à des intérêts étrangers
	% d'établissements					
Conception et ingénierie	16	23	31	50	50	61
Traitement, fabrication et assemblage	18	37	20	45	41	69
Réseaux de communication	14	30	14	35	44	73
Intégration et contrôle	13	34	19	44	47	66
Manutention automatisée des matières	4	6	3	7	5	6
Inspection	8	21	8	20	11	27

La croissance des taux d'adoption des technologies de pointe entre 1989 et 1993 dans les usines qui appartenaient à des intérêts étrangers et dans celles qui appartenaient à des intérêts nationaux est dépeinte à la Figure 6.1. Durant cette période, c'est au niveau des groupes fonctionnels des technologies de conception et d'ingénierie et d'intégration et de contrôle que la croissance a été la plus rapide tant dans les usines qui appartenaient à des intérêts étrangers que dans celles qui appartenaient à des intérêts nationaux (Figure 6.1). Le fossé entre les usines qui étaient contrôlées par des intérêts étrangers et celles qui étaient contrôlées par des intérêts nationaux s'est cependant élargi durant cette période. Les taux d'adoption de ces deux groupes de technologies de pointe dans les usines qui appartenaient à des intérêts canadiens ont crû de 15 et de 6 points de pourcentage, respectivement; les taux d'adoption de ces deux mêmes groupes dans les usines qui appartenaient à des intérêts étrangers ont crû, de leur côté, de 27 et de 10 points de pourcentage, respectivement toujours. La croissance des taux d'adoption des autres groupes fonctionnels de technologies de pointe aussi bien dans les usines qui appartenaient à des intérêts canadiens que dans celles qui appartenaient à des intérêts étrangers a été peu élevée, sinon nulle, la seule exception étant une augmentation de 8 points de pourcentage au niveau du groupe fonctionnel des technologies de traitement et de fabrication dans les usines qui appartenaient à des intérêts étrangers.

En 1993, les technologies de conception et d'ingénierie constituaient le groupe fonctionnel des technologies de pointe dont le taux d'adoption était le plus élevé tant dans les usines qui appartenaient à des intérêts étrangers (50 %) que dans celles qui appartenaient à des intérêts nationaux (31 %). La disparité la plus marquée au niveau de l'utilisation des technologies de pointe entre les usines qui appartenaient à des intérêts étrangers et celles qui appartenaient à des intérêts canadiens se situait sur le plan du groupe fonctionnel des technologies de traitement et de fabrication, 45 % des usines qui appartenaient à des intérêts étrangers utilisant des technologies de ce groupe fonctionnel, comparativement à 20 % des usines qui appartenaient à des intérêts nationaux. Dans les usines qui appartenaient à des intérêts étrangers, les taux d'utilisation des technologies d'intégration et de contrôle et des réseaux de communication de pointe étaient également supérieurs (44 et 35 points de pourcentage respectivement).

Durant la seconde période, les taux de croissance de l'utilisation des technologies des réseaux de communication, de traitement et de fabrication de pointe dans les usines qui appartenaient à des intérêts étrangers sont demeurés plus élevés, ce qui n'était cependant le cas ni pour les technologies de conception et d'ingénierie ni pour les technologies d'intégration et de contrôle (Figure 6.2).

Figure 6.1 Croissance de l'utilisation des groupes fonctionnels de technologies de pointe suivant les intérêts auxquels les usines appartenaient : 1989 à 1993 (pondérée suivant les établissements)

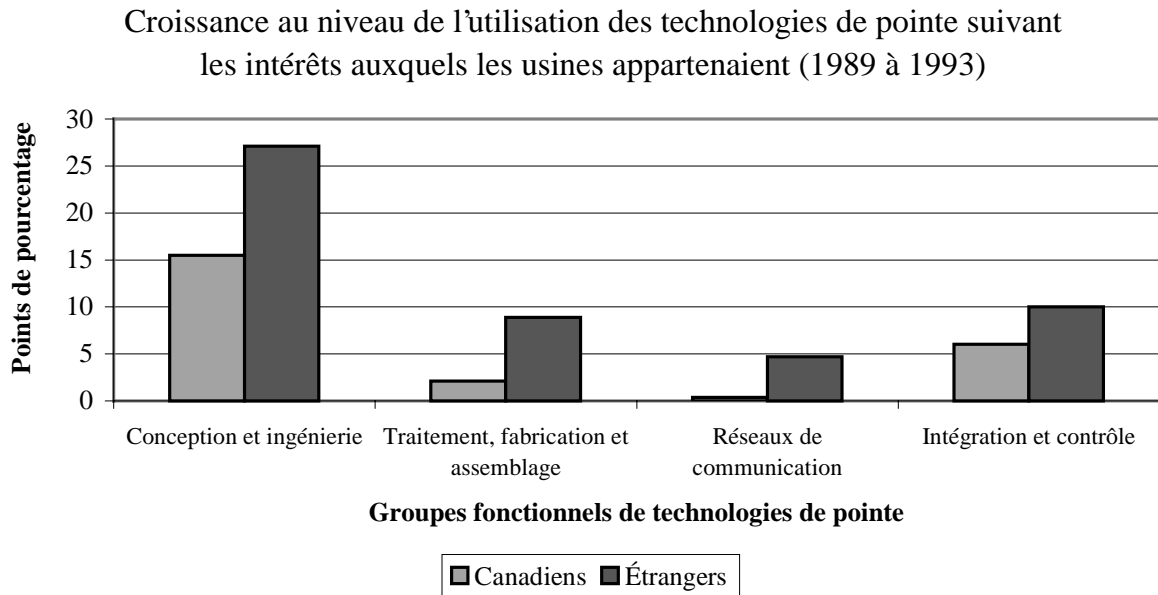
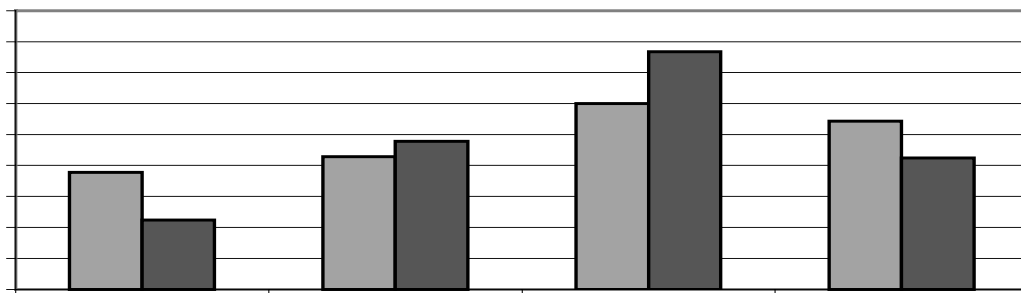


Figure 6.2 Croissance d'utilisation des groupes fonctionnels de technologies de pointe suivant les intérêts auxquels les usines appartenaient : 1993 à 1998 (pondérée suivant les établissements)

Croissance de l



C'est au niveau de l'utilisation des groupes fonctionnels des technologies des réseaux de communication de pointe que le taux de croissance a été le plus élevé durant la seconde période; sur ce plan, la croissance a été supérieure dans les usines qui appartenaient à des intérêts étrangers. Les taux d'adoption des technologies de pointe de ce groupe fonctionnel ont augmenté de 38 points de pourcentage dans les usines qui appartenaient à des intérêts étrangers, tandis qu'ils n'ont augmenté que de 30 points de pourcentage dans les usines qui appartenaient à des intérêts nationaux. Durant cette période, la croissance des taux d'adoption des technologies de pointe du groupe du traitement et de la fabrication dans les usines qui appartenaient à des intérêts étrangers a été aussi supérieure (de 24 points de pourcentage contre 21 points de pourcentage dans les usines qui appartenaient à des intérêts nationaux). À l'opposé, durant la seconde période, la croissance d'adoption des technologies de pointe des deux autres importants groupements fonctionnels (la conception et l'ingénierie et l'intégration et le contrôle) a été plus élevée dans les usines qui appartenaient à des intérêts nationaux.

En 1998, les disparités les plus marquées entre les usines qui appartenaient à des intérêts canadiens et celles qui appartenaient à des intérêts étrangers se situaient au niveau des groupes fonctionnels des technologies de traitement et de fabrication et des réseaux de communication de pointe. Qui plus est, ces différences s'étaient accrues par rapport à celles qui existaient en 1989. Presque 30 % de plus d'établissements qui appartenaient à des intérêts étrangers que d'usines qui appartenaient à des intérêts nationaux utilisaient des technologies de pointe de chacun de ces groupes. En 1998, même dans les secteurs (la conception et l'ingénierie et l'intégration et le contrôle) où les taux d'adoption des technologies de pointe à l'intérieur des usines qui appartenaient à des intérêts nationaux avaient crû plus rapidement durant la seconde moitié de la décennie qu'à l'intérieur des usines qui étaient contrôlées par des intérêts étrangers, les usines canadiennes tiraient encore de l'arrière par rapport aux usines qui appartenaient à des intérêts étrangers (Tableau 6.1). En outre, le fossé en 1998 n'était pas sensiblement différent de celui qui existait en 1989.

En résumé, par conséquent, les usines qui appartenaient à des intérêts nationaux tiraient de l'arrière par rapport aux usines qui appartenaient à des intérêts étrangers au cours de la décennie dans les secteurs clés des technologies des réseaux de communication et de traitement de pointe ou ne réussissaient pas à réduire sensiblement l'écart dans d'autres secteurs technologiques comme ceux de l'intégration et du contrôle et de la conception et de l'ingénierie.

6.2 Différences au niveau de la nationalité des intérêts auxquels les usines appartenaient par tranche de taille

Puisque les usines canadiennes ont tendance à être plus petites que les usines contrôlées par des intérêts étrangers et que les différences de taille sont associées à des différences au niveau de l'utilisation des technologies de pointe, nous présentons au Tableau 6.3 une ventilation de l'utilisation de ces technologies suivant les intérêts auxquels les usines appartenaient pour chaque tranche de taille. Afin d'illustrer de quelle(s) façon(s) ces différences au niveau de l'utilisation des technologies de pointe ont évolué avec le temps, nous présentons aussi une série de graphiques (Figures 6.6a à 6.6d) montrant les différences au fil du temps sur le plan de l'utilisation de ces technologies entre les usines qui appartenaient à des intérêts étrangers et celles

qui appartenait à des intérêts nationaux, toujours pour chaque tranche de taille. Chaque point sur les graphiques indique la différence au niveau de l'utilisation des technologies de pointe suivant les intérêts auxquels les usines appartenait (les taux d'adoption des technologies de pointe par les usines qui appartenait à des intérêts étrangers moins les taux d'adoption de ces technologies par celles qui appartenait à des intérêts nationaux) pour une tranche de taille et pour une période d'enquête données. Une pente positive indique que le fossé entre les usines étrangères et les usines canadiennes s'est élargi; une pente négative montre que l'inverse s'est produit.

Lorsqu'on tient compte de la taille, on constate qu'il existe encore des différences entre les usines qui appartenait à des intérêts étrangers et celles qui appartenait à des intérêts nationaux, même si ces différences ont été réduites. Chose plus importante, le fossé entre les usines qui appartenait à des intérêts étrangers et celles qui appartenait à des intérêts nationaux s'est généralement élargi au cours de la période échelonnée de 1989 à 1998, chose qui ne s'est cependant pas produite dans toutes les tranches de taille.

Au cours de la décennie, les grandes usines ont réduit le fossé au niveau de tous les groupes fonctionnels de technologies de pointe, sauf ceux de la conception et de l'ingénierie, tandis que les usines de taille moyenne ont enregistré un élargissement de l'écart qui les séparait des grandes au niveau de toutes ces technologies, excepté celles de l'intégration et du contrôle. Les petites usines ont affiché des résultats inégaux, gagnant du terrain dans les secteurs des technologies de conception et d'ingénierie, d'intégration et de contrôle, tout en perdant dans ceux des technologies de traitement, de contrôle et des réseaux de communication.

En résumé, il faut attribuer principalement le piètre rendement global du secteur canadien décrit dans la section précédente aux tranches de taille moyenne et de petite taille.

Tableau 6.2 Croissance au niveau de l'utilisation des technologies de pointe par les usines qui appartenaient à des intérêts canadiens et par celles qui appartenaient à des intérêts étrangers – 1989 à 1998 (pondérée suivant les établissements)

TECHNOLOGIE	Enquête de 1989		Enquête de 1993		Enquête de 1998	
	Canadiens	Étrangers	Canadiens	Étrangers	Canadiens	Étrangers
% d'établissements						
CONCEPTION ET INGÉNIERIE						
Conception assistée par ordinateur/ingénierie assistée par ordinateur (CAO/IAO)	14	21	27	47	43	57
Conception assistée par ordinateur/fabrication assistée par ordinateur (CAO/FAO)	6	6	14	14	36	34
Représentation numérique des résultats de la CAO (technologies de modélisation ou de simulation)	4	5	6	9	17	22
FABRICATION ET ASSEMBLAGE						
Cellules ou systèmes de fabrication flexibles	6	13	6	14	14	29
Automates programmables	13	31	14	38	34	64
Lasers utilisés dans le traitement des matériaux	2	2	3	4	8	9
Bras-transferts	2	8	3	11	6	15
Autres robots	2	7	3	6	7	13
SYSTÈMES AUTOMATISÉS DE MANUTENTION						
Stockage mécanisé automatisé	4	5	3	7	5	6
INSPECTION						
Autres systèmes automatisés munis de capteurs servant à l'inspection ou à la mise à l'essai de pièces ou de produits finis	8	21	8	20	11	27
RÉSEAUX DE COMMUNICATION						
Réseau local pour les besoins de l'ingénierie ou de la production	9	22	10	28	33	61
Réseau informatique inter-entreprises	6	20	7	18	26	57
INTÉGRATION ET CONTRÔLE						
Planification des ressources de fabrication (PRF II)/planification des ressources de l'entreprise (PRE)	6	14	7	21	18	39
Ordinateurs exerçant un contrôle à l'intérieur des usines	7	22	12	33	29	49
Production assistée par ordinateur	3	8	6	10	18	22
Système d'acquisition et de contrôle des données (SACD)	4	10	6	16	15	25
Systèmes d'intelligence artificielle/experts	1	2	1	2	12	24

Tableau 6.3 Ventilation de l'utilisation des groupes fonctionnels de technologies de pointe suivant la taille et les intérêts auxquels les usines appartenaient, 1989 à 1998 (pondérée suivant les établissements)

Année d'enquête	Intérêts auxquels les usines appartenaient par taille	<i>Groupe fonctionnel de technologies de pointe</i>					
		Conception et ingénierie	Traitement, fabrication et assemblage	Réseaux de communication	Intégration et contrôle	Manutention automatisée des matières	Inspection
		% d'établissements					
1989	Canadiens						
	Petites	11	12	9	8	4	6
	Moyennes	22	26	21	19	5	11
	Grandes	57	64	52	57	14	40
	Étrangers						
	Petites	8	15	18	19	1	20
	Moyennes	26	42	30	36	7	20
	Grandes	50	76	61	69	17	37
	1993	Canadiens					
Petites		28	13	8	14	2	5
Moyennes		35	30	23	27	4	12
Grandes		68	62	57	59	15	40
Étrangers							
Petites		33	31	27	33	5	15
Moyennes		49	42	28	43	7	14
Grandes		77	75	62	69	11	42
1998		Canadiens					
	Petites	45	33	34	38	4	7
	Moyennes	61	57	67	64	6	16
	Grandes	85	91	91	91	18	44
	Étrangers						
	Petites	33	45	56	40	1	15
	Moyennes	73	82	79	78	6	29
	Grandes	91	86	95	88	16	49

Figures 6.6a à 6.6d Différences au niveau de l'utilisation des technologies de pointe entre les usines qui appartenait à des intérêts étrangers et celles qui appartenait à des intérêts canadiens par groupe fonctionnel (pondérées suivant les établissements)

Figure 6.6a Conception et ingénierie

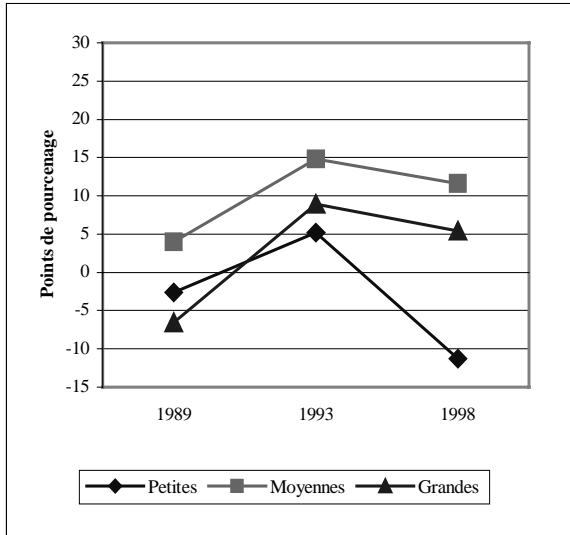


Figure 6.6b Traitement et fabrication

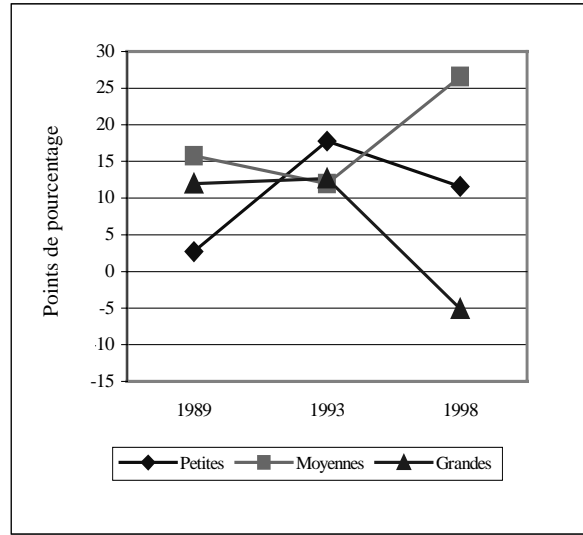


Figure 6.6c Réseaux de communication

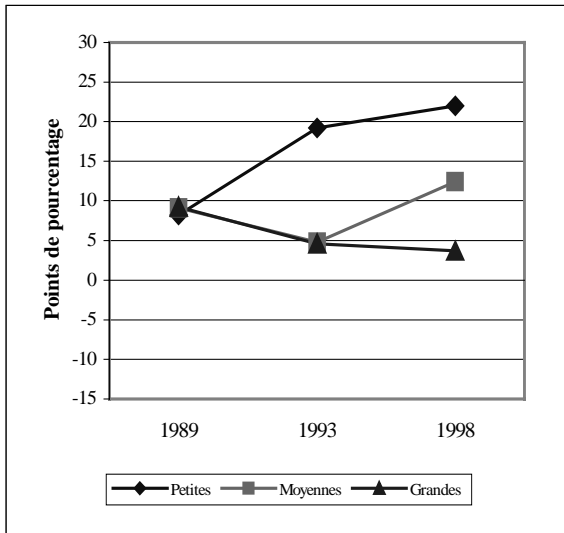
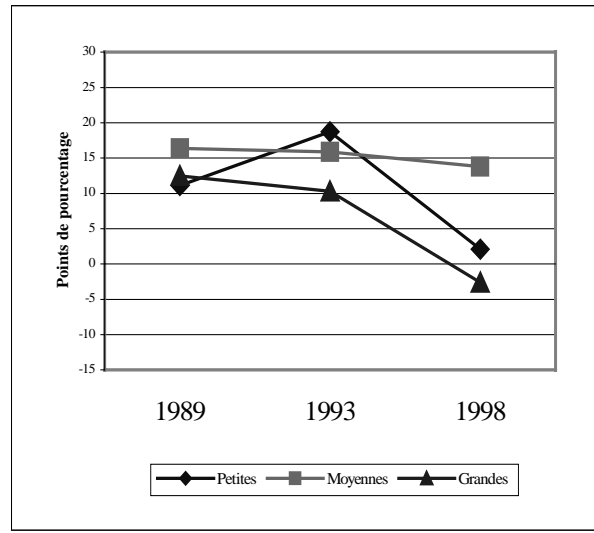


Figure 6.6d Intégration et contrôle



7. Croissance de l'utilisation des technologies de pointe suivant l'industrie

Il y a des différences importantes au niveau de l'utilisation des technologies de pointe entre les industries (Jaakkola et Tenhunen, 1993; Baldwin et Sabourin, 1995). Certaines industries ont plus de possibilités technologiques que d'autres, étant donné que l'environnement scientifique dans certains secteurs est davantage propice au changement technologique.

Des preuves laissent entendre que les entreprises des industries comptant sur la recherche scientifique sont plus susceptibles de faire montre d'innovation (Baldwin, Hanel et Sabourin, 1999). Puisque l'introduction de technologies de pointe est souvent associée à une innovation, l'utilisation de telles technologies est plus répandue dans ces industries. Nous examinons dans la présente section si les différences au niveau de l'utilisation des technologies de pointe sont reliées à l'environnement novateur d'une industrie et si l'importance relative de l'utilisation des technologies de pointe suivant l'industrie a évolué au fil du temps.

Il y a bien des facteurs qui contribuent aux différences entre les industries au niveau de l'utilisation des technologies de pointe. Les différences sur le plan de la taille des usines, des capacités financières et de l'applicabilité de certaines technologies contribuent toutes aux différences entre les industries au niveau de l'utilisation des technologies de pointe (Jaakkola et Tenhunen, 1993). Les industries dominées par les grosses usines ont tendance, par exemple, à refléter les taux d'adoption des technologies de pointe plus élevés associés à ces usines.

Aux fins de notre analyse, nous utilisons une taxonomie proposée par Robson et d'autres (1988) pour grouper les industries en trois secteurs industriels, classés suivant le degré de leur caractère novateur. Ces trois secteurs sont le secteur central, le secteur secondaire et l'« autre » secteur. Les industries de chaque groupe sont énumérées au Tableau 7.1. Le secteur central est très novateur, produisant surtout des innovations ou des technologies servant dans ce secteur ou ailleurs. Le secteur secondaire est moins novateur et utilise des technologies qu'il produit lui-même ou que produit le secteur central. Il diffuse également des technologies auprès de l'« autre » secteur, quoique moins intensément que le secteur central. Les industries qui restent composent l'« autre » secteur. Elles créent de nouveaux processus/procédés en absorbant des innovations (sous forme de machines et de matériel et de produits intermédiaires) provenant des secteurs central et secondaire. Les taux d'adoption des technologies de pointe pour chacun de ces trois secteurs sont présentés au Tableau 7.1.

En 1989, dans les industries du secteur central, les taux d'adoption des technologies de pointe étaient modérément supérieurs à ceux observés dans les industries du secteur secondaire, mais considérablement supérieurs à ceux enregistrés dans les industries de l'« autre » secteur, et ce, au niveau de tous les groupes fonctionnels de technologies de pointe. Les différences les plus prononcées se situaient au niveau des technologies de conception et d'ingénierie et d'intégration et de contrôle, où deux fois plus d'usines des industries du secteur central que d'usines des industries de l'« autre » secteur utilisaient au moins l'une de ces technologies.

Tableau 7.1 Croissance de l'utilisation des technologies de pointe par secteur industriel – 1989 à 1998 (pondérée suivant les établissements)

Secteur industriel	Groupe fonctionnel de technologies de pointe							
	Conception et ingénierie		Traitement et fabrication		Réseaux de communication		Intégration et contrôle	
	1989	1998	1989	1998	1989	1998	1989	1998
	% d'établissements							
Central	30	63	24	53	21	59	24	57
Secondaire	18	61	26	51	16	49	19	52
Autre	14	39	16	35	14	41	13	42

L'utilisation des technologies de pointe a augmenté considérablement de 1989 à 1998 dans tous les secteurs industriels au niveau de tous les groupes fonctionnels de telles technologies (Tableau 7.1). Les différences sur ce plan entre le secteur central et l'« autre » secteur se sont accrues au cours de cette période.

Étant donné que l'ampleur du changement au niveau de l'utilisation des technologies de pointe à l'intérieur de chaque secteur durant cette période de dix ans diffère entre les industries et les groupes fonctionnels de technologies de pointe, nous avons étudié s'il y a eu des changements systématiques au sein de l'ensemble de la population sur le plan de l'importance de l'utilisation des technologies de pointe. Pour ce faire, nous avons classé chacune des 21 industries en ayant recours à la fréquence d'utilisation en 1989 et en 1998 par ces dernières de telles technologies de chacun des groupes fonctionnels. Nous avons ensuite calculé la moyenne des classements pour les quatre groupes fonctionnels afin de produire un classement global pour 1989 et pour 1998. Nous avons ensuite additionné ces deux classements annuels afin de déterminer un classement général pour la période de dix ans. Ces classements sont fournis au Tableau 7.2.

En général, les industries qui se classaient dans le tertile supérieur pour ce qui était de l'utilisation de tous les groupes fonctionnels de technologies de pointe en 1989 se classaient également dans le tertile supérieur pour ce qui était de l'utilisation de chacun des groupes fonctionnels de telles technologies. (Se reporter à l'annexe B pour une liste détaillée des classements des industries au niveau de l'utilisation des technologies de pointe par groupe fonctionnel et par année.) Les industries qui se classaient aux niveaux les plus élevés en 1989 étaient celles du matériel de transport, des métaux de première transformation, du papier et des produits connexes, du tabac, des boissons, des produits électriques et électroniques, de la fabrication de machines et des produits pétroliers raffinés. C'est dans les industries des vêtements, du bois, des meubles et des articles d'ameublement, les autres industries manufacturières, ainsi que les industries des textiles et du cuir et des produits connexes que les taux d'adoption des technologies de pointe étaient les plus faibles en 1989.

En 1998, il y a eu relativement peu de changements au niveau des classements globaux à l'intérieur des tertiles supérieur, intermédiaire et inférieur (Tableau 7.2). La corrélation de Spearman entre les classements de 1989 et de 1998 des 21 industries est de 0,63.

Il y a eu néanmoins certains changements de 1989 à 1998 au niveau des classements des industries à l'intérieur des groupes fonctionnels, ce qui indique une évolution possible de l'importance relative de certains processus de production. Les trois industries dans lesquelles se sont produits les changements les plus importants au niveau de l'utilisation des groupes fonctionnels de technologies de pointe sont les industries des boissons, du caoutchouc et des produits pétroliers raffinés. L'industrie des boissons s'est largement écartée de l'utilisation des technologies de conception et d'ingénierie de pointe (tombant du 9^e au 18^e rang) et s'est aussi largement rapprochée de l'utilisation des technologies de communication (grimant du 7^e au 1^{er} rang) et d'intégration et de contrôle (montant du 10^e au 2^e rang). Le rang des industries des produits pétroliers raffinés et du caoutchouc par rapport aux autres industries pour ce qui était de l'utilisation des technologies de pointe de trois des principaux groupes fonctionnels de telles technologies a baissé. Durant la période de dix ans ici visée, l'industrie du caoutchouc est tombée globalement du 7^e au 10^e rang et celle des produits pétroliers raffinés, du 6^e au 13^e rang.

Tableau 7.2 Classement des industries par utilisation des technologies de pointe

INDUSTRIE	Rang en 1989	Rang en 1998	Classement général
Centrale			
Produits électriques et électroniques	6	1	3
Fabrication de machines	6	6	6
Produits chimiques	8	10	9
Produits pétroliers raffinés	6	13	11
Secondaire			
Métaux de première transformation	2	2	1
Matériel de transport	1	7	3
Caoutchouc	7	10	8
Matières plastiques	11	8	10
Fabrication de produits métalliques	12	9	12
Minéraux non métalliques	10	12	13
« Autre »			
Tabac	4	1	2
Papier et produits connexes	3	3	4
Boissons	5	4	5
Textiles de première transformation	9	5	7
Imprimerie et édition	13	14	14
Bois	15	15	15
Autres industries manufacturières	17	11	16
Textiles	18	15	17
Meubles et articles d'ameublement	16	16	18
Vêtements	14	17	18
Cuir et produits connexes	19	16	19

En résumé, il y a eu une croissance importante de l'utilisation des technologies de pointe dans chacun des secteurs industriels au cours de la dernière décennie. Malgré les changements entre les industries sur le plan de l'utilisation des groupes fonctionnels de technologies de pointe, les industries qui étaient parmi les leaders au niveau de l'utilisation de telles technologies en 1989 l'étaient encore en 1998.

8. Analyse multidimensionnelle

Sélection d'un modèle

L'adoption de technologies de pointe est reliée à diverses caractéristiques des usines, comme leur taille, la structure des intérêts auxquels elles appartiennent et leur secteur d'activité. Nous avons examiné dans les sections précédentes la relation entre chacun de ces facteurs considérés séparément et l'utilisation des technologies de pointe. Nous étudierons dans la présente section leurs effets conjoints au moyen d'une analyse multidimensionnelle. Afin d'étudier à fond si les effets de ces facteurs ont évolué durant les années 90, nous estimons les régressions logit de l'adoption des technologies de pointe à l'aide de microdonnées découlant des trois enquêtes susmentionnées et de la spécification de modèle suivante :

$$T_i = f(S_i, O_i, I_i)$$

où T_i renvoie à la fréquence d'utilisation des technologies de pointe, S_i , à la taille d'une usine durant la période i , O_i , à la structure des intérêts auxquels une usine appartenait pendant la période i et I_i , au secteur industriel durant la période i toujours.

Variable dépendante

La variable dépendante est une variable dichotomique mesurant la fréquence d'utilisation des technologies de pointe. Elle mesure la fréquence d'utilisation de l'ensemble et de chacune des technologies à l'intérieur de chacun des quatre principaux groupes de technologies de pointe. La variable fréquence globale d'utilisation des technologies de pointe sert à déterminer si une usine utilise au moins une technologie parmi les 17 technologies de pointe communes aux trois enquêtes. Elle prend une valeur de un si une usine utilise au moins l'une de ces technologies et de zéro autrement. Nous estimons aussi la fréquence d'utilisation des groupes fonctionnels des technologies de conception et d'ingénierie, de traitement et de fabrication, des réseaux de communication et d'intégration et de contrôle. Nous avons calculé quatre variables dépendantes afin de saisir la fréquence d'utilisation des technologies de pointe pour chacun de ces sous-groupes de technologies. Nous établissons que chacune a une valeur de un si au moins l'une des technologies de ce groupe est utilisée et une valeur de zéro autrement.

Variables explicatives

Nous examinons les effets des trois variables précédemment étudiées à l'intérieur de notre analyse bidimensionnelle (la taille d'une usine, la nationalité des intérêts auxquels elle appartient et son secteur industriel) sur l'utilisation des technologies de pointe. Nous examinons aussi si ces effets ont considérablement évolué au fil du temps.

Les établissements sont classés dans l'une des trois catégories suivantes : les petits établissements (de 10 à 49 employés), les établissements moyens (de 50 à 249 employés) et les gros établissements (de 250 employés ou plus). Nous utilisons trois variables binaires pour saisir

ces effets de taille. Nous mesurons les effets de nationalité des intérêts auxquels un établissement appartient à l'aide d'une variable binaire prenant une valeur de un si l'usine appartient à des intérêts étrangers et de zéro autrement. Nous utilisons trois variables binaires correspondant aux trois secteurs industriels, tirées de la taxonomie de Robson et d'autres (1988) dont il a été question précédemment, pour saisir les effets d'industrie.

Procédures d'estimation

Afin d'examiner les effets de taille, de nationalité des intérêts auxquels un établissement appartient et d'industrie sur l'utilisation des technologies de pointe dans le secteur canadien de la fabrication au cours d'une période de dix ans comprise entre 1989 et 1998, nous estimons l'équation de régression logistique groupée qui suit :

$$T = \beta_0 + \beta_1 * \text{TAILLE} + \beta_2 * \text{ÉTRANGERS} + \beta_3 * (\text{D}_{98} * \text{TAILLE}) + \beta_4 * (\text{D}_{98} * \text{ÉTRANGERS}) + \beta_5 * \text{INDUSTRIE} + \varepsilon$$

où T renvoie à la variable dépendante groupée mesurant l'utilisation d'au moins une technologie et TAILLE, ÉTRANGERS et INDUSTRIE renvoient aux variables explicatives groupées de la taille, de la nationalité des intérêts auxquels un établissement appartient et du secteur novateur. D_{98} est une variable fictive qui prend une valeur de un si l'observation correspondante est tirée de l'ensemble de données de 1998 et de zéro si l'observation est tirée de l'ensemble de données de 1989. $D_{98} * \text{TAILLE}$ et $D_{98} * \text{ÉTRANGERS}$ saisissent si les effets de taille et de nationalité des intérêts auxquels un établissement appartient ont évolué au cours de la période. La variable industrie sert de variable de contrôle. Les statistiques descriptives associées aux variables dépendantes et indépendantes groupées pour l'ensemble complet de données sont présentées au Tableau 8.1.

Les coefficients β_1 et β_2 représentent les effets de taille et de nationalité des intérêts auxquels un établissement appartient, respectivement, pour l'année de référence (1989). Les coefficients β_3 et β_4 représentent les effets d'interaction ou de changement pour ces variables, c'est-à-dire qu'ils saisissent si les effets de taille et de nationalité des intérêts auxquels un établissement appartient ont évolué de 1989 à 1998. On détermine les effets de taille et de nationalité des intérêts auxquels un établissement appartient pour 1998 en additionnant l'année de référence (1989) et les coefficients de changement ou d'interaction. Par exemple, on saisit l'effet de taille pour 1998 en additionnant les coefficients β_1 et β_3 . Le coefficient β_5 saisit les effets d'industrie. Même si l'on a constaté des preuves de changements pour l'industrie avec le temps, on n'a généralement pas constaté que ces effets étaient statistiquement significatifs et on n'a donc pas inclus les termes d'interaction pour l'industrie.

Résultats empiriques

Les résultats des modèles de régression logistique relatifs à la probabilité d'utiliser au moins une technologie de pointe sont présentés au Tableau 8.2. Nous y fournissons des estimations pondérées pour tous les modèles. Nous y estimons toutes les régressions en les comparant à une usine exclue qui est une petite usine, appartenant à des intérêts canadiens et du secteur central.

Les résultats des paramètres au Tableau 8.2 fournissent les effets qualitatifs des variables explicatives. Nous fournissons au Tableau 8.3 des estimations probabilistes afin de présenter les effets quantitatifs. Nous calculons les probabilités en estimant l'équation logit suivant les moyennes de l'échantillon¹.

La taille d'une usine est positive et statistiquement significative pour tous les groupes fonctionnels de technologies de pointe durant l'année de référence. Les grandes usines sont plus susceptibles que les petites d'utiliser au moins l'une des 17 technologies susmentionnées (colonne 1, Tableau 8.2). La probabilité pour les grandes usines d'adopter au moins l'une des technologies en question correspond à plus du double de celle des petites usines d'en adopter également au moins une (Tableau 8.3). Près de 90 % des grandes usines ont adopté au moins l'une de ces technologies, comparativement à seulement 40 % environ des petites. On constate des effets similaires au niveau des groupes fonctionnels (colonnes 2 à 5, Tableau 8.2). C'est au niveau du traitement et de la fabrication et de l'intégration et du contrôle, où la probabilité d'utiliser au moins une technologie va de 65 à 70 % pour les grandes usines à seulement 15 % environ pour les petites, que les effets de taille sont les plus marqués.

Les effets de nationalité étrangère des intérêts auxquels une usine appartient sont un peu similaires. La nationalité étrangère des intérêts auxquels une usine appartient importe. Les coefficients de nationalité étrangère des intérêts auxquels une usine appartient sont positifs et statistiquement significatifs pour tous les groupes fonctionnels de technologies de pointe, sauf celui de la conception et de l'ingénierie, durant l'année de référence. En général, la probabilité en 1989 pour les usines qui appartenaient à des intérêts étrangers d'adopter au moins une technologie de pointe était de 61 % comparativement à 50 % dans le cas des usines qui appartenaient à des intérêts canadiens. Au niveau fonctionnel, on constate que la différence la plus importante sur le plan de la probabilité d'utiliser au moins une technologie entre les usines appartenant à des intérêts étrangers et celles appartenant à des intérêts canadiens se situe sur le plan du groupe des technologies d'intégration et de contrôle. Les usines appartenant à des intérêts étrangers sont deux fois plus susceptibles que leurs contreparties appartenant à des intérêts canadiens d'adopter au moins une technologie de ce groupe. Les coefficients pour la conception étaient négatifs et statistiquement significatifs, ce qui indique que les usines appartenant à des intérêts canadiens sont plus susceptibles que les usines appartenant à des intérêts étrangers d'adopter des technologies de conception et d'ingénierie de pointe, peut-être parce que la société mère étrangère s'occupe de cette fonction à l'étranger.

¹ Nous estimons les probabilités à l'aide de l'équation : $P = \exp(x) / [1 + \exp(x)]$.

Tableau 8.1 Aperçu des variables dépendantes et indépendantes pour la régression de la fréquence d'utilisation des technologies de pointe (pondéré suivant les établissements)

Variable	Description	Moyenne	Écart-type
1. Variables dépendantes			
Fréquence d'utilisation	Fréquence d'utilisation des technologies de pointe		
USER	- tous les groupes fonctionnels	0,61	0,49
DESUSE	- conception et ingénierie	0,36	0,48
FABUSE	- traitement et fabrication	0,40	0,49
COMUSE	- réseaux de communication	0,29	0,46
CTLUSE	- intégration et contrôle	0,35	0,48
2. Caractéristiques de l'usine			
Taille de l'établissement	Taille de l'usine		
ESTSIZE1	- 10 à 49 employés	0,61	0,48
ESTSIZE2	- 50 à 249 employés	0,32	0,47
ESTSIZE3	- 250 employés et plus	0,07	0,25
Ownership	Nationalité des intérêts auxquels un établissement appartient		
FOREIGN	- Appartenant à des intérêts étrangers	0,15	0,36
3. Caractéristiques de l'industrie			
Secteur novateur	Secteur industriel novateur		
ISECT1	- Industries centrales	0,16	0,36
ISECT2	- Industries secondaires	0,33	0,47
ISECT3	- Autres industries	0,52	0,50

Tableau 8.2 Modèle logit des effets de taille et de nationalité des intérêts auxquels un établissement appartient sur l'utilisation des technologies de pointe (pondéré suivant les établissements)

Variable	GROUPE FONCTIONNEL				
	Tous les groupes	Conception	Fabrication	Communication	Contrôle
Coordonnée à l'origine	-0,15***	-1,11***	-1,65***	-1,62***	-1,78***
Année de référence – 1989					
esize2	1,03***	0,87***	1,24***	0,92***	1,05***
esize3	2,30***	2,04***	2,61***	2,30***	2,46***
foreign	0,43**	-0,35*	0,42**	0,35*	0,70***
Effet de changement – 1998					
sh_size1	1,22***	1,42***	1,38***	0,93***	1,47***
sh_size2	1,77***	1,36***	1,39***	1,46***	1,56***
sh_size3	3,28***	1,62***	2,00***	1,62***	1,64***
sh_foreign	-0,35	0,14	0,33	0,18	-0,50*
Variable de contrôle					
isect2	-0,27	-0,24	-0,29	-0,26	-0,05
isect3	-0,67***	-1,01***	-0,29**	-0,63***	-0,39***
Log du rapport de vraisemblance	-4190	-4066	-4134	-3751	-4007
N	7265	7265	7265	7265	7265

Nota : *** significative au niveau de 1 %; ** significative au niveau de 5 %; * significative au niveau de 10 %.

Pour en revenir aux changements avec le temps, on constate que les coefficients des termes d'interaction pour la taille sont positifs et très statistiquement significatifs dans le cas de tous les groupes fonctionnels, ce qui indique que la probabilité des usines de toutes les tranches de taille d'adopter au moins une technologie de pointe était supérieure en 1998 à ce qu'elle était durant la période précédente. Les différences au niveau de la fréquence d'utilisation des technologies de pointe entre les grandes et les petites usines constatées en 1989 persistaient cependant en 1998 et l'ampleur de ces différences est demeurée à peu près la même pour tous les groupes de technologies de pointe, sauf celui des technologies de communication. Dans le groupe des technologies de communication, la différence au niveau de la probabilité d'utilisation des technologies de pointe entre les grandes et les petites usines a en fait crû de 13 points de pourcentage.

Les effets de changement en 1998 pour la nationalité étrangère des intérêts auxquels une usine appartient ne sont généralement pas significatifs, ce qui indique que les usines canadiennes n'ont pas toujours réduit le fossé qui existait en 1989. Les technologies d'intégration et de contrôle constituent le seul groupe aux coefficients statistiquement significatifs au niveau des termes d'interaction pour les usines étrangères. Le coefficient est négatif, ce qui indique que l'effet d'appartenance à des intérêts étrangers a diminué en 1998, c'est-à-dire que les usines qui appartenaient à des intérêts canadiens «réduisaient le fossé» qui les séparait de leurs contreparties propriété d'intérêts étrangers pour ce groupe fonctionnel de technologies de pointe. Dans le cas du reste des groupes fonctionnels, l'effet de nationalité étrangère des intérêts auxquels une usine appartenait sur l'utilisation des technologies de pointe en 1998 n'avait pas énormément changé par rapport à 1989. Les probabilités présentées au Tableau 8.3 reflètent ces résultats.

Les coefficients attribués aux secteurs industriels indiquent que les probabilités pour les « autres » industries d'utiliser des technologies de pointe sont en moyenne plus faibles que pour les industries centrales, ce qui est des plus évidents aux niveaux de la conception et de l'ingénierie, ainsi que de l'intégration et du contrôle, où environ 50 % des usines des « autres » industries utilisent des technologies de chacun de ces groupes fonctionnels, comparativement à 73 et à 64 % des industries centrales, respectivement. Les coefficients pour le secteur secondaire étaient négatifs, mais non statistiquement significatifs, ce qui indique qu'il n'y avait pas réellement de différence entre les secteurs central et secondaire sur le plan des probabilités d'utiliser au moins une technologie de pointe.

Tableau 8.3 Probabilités estimatives d'utiliser au moins une technologie de pointe

Variable	Utilisateur	Groupe fonctionnel			
		Conception et ingénierie	Traitement et fabrication	Communication	Intégration et contrôle
Taille de l'établissement					
1989 - ESIZE1	39	16	15	13	13
ESIZE2	65	29	38	28	31
ESIZE3	87	59	70	60	64
1998 - ESIZE1	69	43	41	28	38
ESIZE2	91	62	71	62	66
ESIZE3	99	88	95	88	90
Nationalité des intérêts auxquels une usine appartenait					
1989 - FOREIGN	61	17	31	24	32
DOMESTIC	50	23	23	18	19
1998 - FOREIGN	88	45	65	51	56
DOMESTIC	82	54	55	42	51
Industrie					
ISECT1	92	73	74	64	71
ISECT2	92	73	74	64	71
ISECT3	86	49	68	48	62

9. Conclusion

L'utilisation des technologies de pointe au cours de la dernière décennie a crû rapidement à mesure que les entreprises intégraient de plus en plus ces technologies à différents stades de leur processus de production. La croissance de l'utilisation des technologies de pointe durant la première moitié des années 90 a cependant été relativement lente. On peut attribuer le rythme lent d'adoption des technologies de pointe durant la première moitié de la décennie aux pressions exercées par la récession sur l'économie canadienne à la fin des années 80 et au début des années 90. Seules les technologies du groupe de la conception et de l'ingénierie ont atteint durant cette période une croissance importante à laquelle la croissance au niveau de l'utilisation des technologies de conception et d'ingénierie assistées par ordinateur a le plus contribué. Au cours de la seconde moitié de la décennie, l'utilisation des groupes fonctionnels de technologies de pointe a crû dans tous les principaux groupements, les technologies de communication se situant au premier plan. Ces technologies de communication sont au cœur de la révolution en douceur au sein du secteur de la fabrication et étaient associées dans les années 80 à une croissance supérieure de la productivité et des salaires à l'intérieur des usines.

Les différences au niveau des caractéristiques des usines, comme leur taille, la nationalité des intérêts auxquels elles appartenaient et l'industrie dont elles faisaient partie, étaient reliées à l'utilisation des technologies de pointe durant cette période.

Au cours de la dernière décennie, on a continué à utiliser davantage dans les grandes usines que dans les petites les technologies de pointe. Les usines de taille moyenne ont cependant enregistré au niveau de l'utilisation de ces technologies les taux de croissance les plus élevés, se distançant des petites et réduisant le fossé sur ce plan qui les séparait des grandes. Les différences de taille entre les grandes et les petites usines sont demeurées à peu près les mêmes dans la plupart des cas, mais se sont accrues dans le cas du groupe des technologies de communication. Les petites usines n'ont pas, en général, au cours de la dernière décennie gagné de terrain par rapport aux grandes sur ce plan.

Les usines dont la nationalité des intérêts auxquels elles appartiennent est étrangère au Canada sont plus susceptibles d'utiliser des technologies de pointe que celles appartenant à des intérêts nationaux et l'ampleur de l'écart entre les unes et les autres ne diminue pas en général. Cet écart est cependant en partie relié à la taille et, une fois qu'on tient compte de cette dernière, on constate qu'il existe des différences sur le plan du rythme auquel les usines de tailles différentes contrôlées par des intérêts nationaux réduisent l'écart qui les sépare des usines contrôlées par des intérêts étrangers. Dans les grandes usines, l'écart diminue généralement, ce qui n'est pas le cas dans les usines de petite taille et de taille moyenne. Le fait que les taux globaux d'adoption des technologies de pointe par les usines appartenant à des intérêts nationaux soient encore inférieurs à ceux des usines appartenant à des intérêts étrangers, et ce, pour tous les principaux groupes fonctionnels de telles technologies est donc le résultat d'un rendement relativement plus faible dans les usines de petite taille et de taille moyenne.

L'écart entre les industries au niveau de l'utilisation des technologies de pointe est étendu et les industries qui, au départ, utilisaient le plus intensément ces technologies continuent à le faire. Les industries qui sont les principaux leaders sur le plan de l'utilisation des technologies de pointe se situent dans les secteurs central et secondaire, secteurs qui produisent des innovations utilisées ailleurs, dans les industries du matériel de transport, des métaux de première transformation, des produits électriques et électroniques, de la fabrication de machines et des produits pétroliers raffinés. Les « autres » industries, comme celles des vêtements, du bois, des meubles et des articles d'ameublement, les autres industries manufacturières, ainsi que les industries des textiles et du cuir et des produits connexes faisaient partie de celles qui utilisaient le moins intensément les technologies de pointe au cours des dix dernières années. Même si l'on a observé des changements majeurs au niveau de l'utilisation des groupes fonctionnels de technologies de pointe dans plusieurs industries comme celles des boissons, du caoutchouc et des produits pétroliers raffinés, les classements globaux des industries sur le plan de l'utilisation de ces technologies n'ont pas beaucoup changé au cours de la période de dix ans comprise entre 1989 et 1998.

Annexe A : Ventilation des taux d'adoption des technologies de pointe incluse dans chaque enquête sur l'utilisation de ces technologies

TECHNOLOGIE	Enquête de 1989	Enquête de 1993	Enquête de 1998
	% d'établissements		
CONCEPTION ET INGÉNIERIE			
CAO/IAO	15	30	44
CAO/FAO	6	15	36
Représentation numérique des résultats de la CAO (technologies de modélisation ou de simulation)	4	7	17
Échange électronique de fichiers CAO	---	---	34
TRAITEMENT ET FABRICATION			
Cellules/systèmes de fabrication flexibles	7	7	15
Automates programmables	15	18	37
Machines à commande numérique	10	16	---
Lasers utilisés dans le traitement des matériaux	2	4	9
Bras-transferts	3	5	7
Usinage à grande vitesse	---	---	17
Systèmes de prototypage rapide (SPR)	---	---	5
Technologies de grande précision dimensionnelle	---	---	7
Autres robots	3	4	8
SYSTÈMES AUTOMATISÉS DE MANUTENTION			
Stockage mécanisé automatisé	4	4	5
Identification des pièces pour l'usinage automatique (par exemple, codage à barres)	---	---	18
Systèmes de véhicules à guidage automatique	3	1	---
INSPECTION			
Systèmes de vision artificielle servant à l'inspection ou à la mise à l'essai de pièces ou de produits finis	---	---	11
Autres systèmes automatisés munis de capteurs servant à l'inspection ou à la mise à l'essai de pièces ou de produits finis	10	10	13
RÉSEAUX DE COMMUNICATION			
Réseau local de données techniques et/ou pour les besoins de l'usine/de la production	12	13	36
Réseaux informatiques élargis (dont les intranets et les réseaux à grande distance)	---	---	35
Réseau informatique inter-entreprises	9	9	29
INTÉGRATION ET CONTRÔLE			
Planification des besoins de matières (PBM)	14	16	---
Planification des ressources de fabrication (PRF II)/planification des ressources de l'entreprise (PRE)	8	9	21
Ordinateurs exerçant un contrôle sur les activités de l'usine	10	16	31
Production assistée par ordinateur	3	7	18
Système d'acquisition et de contrôle des données (SACD)	5	8	16
Utilisation de données d'inspection pour le contrôle de la production	---	---	26
Contrôle numérique à distance de procédés de l'usine (par exemple, réseau de terrain)	---	---	5
Systèmes d'intelligence artificielle/experts	2	2	18

Annexe B : Classements sur le plan global et des groupes fonctionnels au niveau de l'utilisation des technologies de pointe par industrie – 1989 et 1998

INDUSTRIE	Classement en 1989					Classement en 1998				
	Conception	Fabrication	Communication	Intégration	Rang en 1989	Conception	Fabrication	Communication	Intégration	Rang en 1998
CENTRALE										
Produits électriques et électroniques	1	15	6	7	6	1	6	2	5	1
Fabrication de machines	2	9	9	9	6	2	7	10	7	6
Produits chimiques	11	10	8	8	8	19	12	7	9	10
Produits pétroliers raffinés	13	7	4	5	6	12	17	18	14	13
SECONDAIRE										
Métaux de première transformation	4	1	5	6	2	3	2	4	6	2
Matériel de transport	3	5	2	3	1	5	9	8	8	7
Caoutchouc	16	11	3	2	7	9	11	12	15	10
Matières plastiques	19	8	12	13	11	10	4	11	10	8
Fabrication de produits métalliques	6	13	20	14	12	4	10	13	11	9
Minéraux non métalliques	18	4	16	12	10	15	14	16	12	12
« AUTRE »										
Tabac	10	3	1	11	4	7	1	5	1	1
Papier et produits connexes	5	6	11	1	3	6	5	6	4	3
Boissons	9	2	7	10	5	18	3	1	2	4
Textiles de première transformation	8	12	14	4	9	11	8	3	3	5
Imprimerie et édition	12	16	10	17	13	17	20	9	16	14
Bois	15	14	15	16	15	14	13	21	17	15
Autres industries manufacturières	14	20	17	21	17	8	15	14	18	11
Textiles	17	18	19	20	18	21	16	15	13	15
Meubles et articles d'ameublement	20	17	13	19	16	13	18	19	21	16
Vêtements	7	19	18	15	14	20	21	20	20	17
Cuir et produits connexes	21	21	21	18	19	16	19	17	19	16

Bibliographie

Baldwin, J. 1997. *Importance de la recherche et du développement sur l'aptitude à innover des petites et des grandes entreprises manufacturières canadiennes*. Documents de recherche n° 107. Direction des études analytiques. Ottawa: Statistique Canada.

Baldwin, J. 1998. "Were Small Firms the Engines of Growth in the 1980s?" *Small Business Economics* 10: 349-64.

Baldwin, J. 1999. *Innovation, formation et réussite*. Documents de recherche n° 137. Direction des études analytiques. Ottawa: Statistique Canada.

Baldwin, J. et N. Dhaliwal. 1999. *La productivité du travail dans les entreprises de fabrication au Canada sous contrôle canadien et étranger*. Documents de recherche n° 118. Direction des études analytiques. Ottawa: Statistique Canada. À venir.

Baldwin, J. et B. Diverty. 1995. *Utilisation des technologies de pointe dans les établissements de fabrication*. Documents de recherche n° 85. Direction des études analytiques. Ottawa: Statistique Canada.

Baldwin, J., B. Diverty et D. Sabourin. 1995. "Technology Use and Industrial Transformation: Empirical Perspectives" dans T. Courchene (dir.) *Technology, Information and Public Policy*. John Deutsch Institute for the Study of Economic Policy, Kingston, Ontario: Queen's University.

Baldwin, J. et P. Gorecki. 1986. *The Role of Scale in Canada-U.S. Productivity Differences in the Manufacturing Sector: 1970-1979*. Volume 6. The Collected Research Studies of the Royal Commission on the Economic Union and Development for Canada. Toronto: University of Toronto Press.

Baldwin, J., P. Hanel et D. Sabourin. 1999. *Les déterminants des activités d'innovation dans les entreprises de fabrication canadienne : le rôle des droits de propriété intellectuelle*. Documents de recherche n° 122. Direction des études analytiques. Ottawa: Statistique Canada. À venir.

Baldwin, J. et D. Sabourin. 1998. *L'adoption de la technologie au Canada et aux États-Unis*. Documents de recherche n° 119. Direction des études analytiques. Ottawa: Statistique Canada.

Baldwin J. et D. Sabourin. 1995. *Adoption de la technologie dans le secteur de la fabrication au Canada*. N° 88-512-XPB au catalogue. Ottawa: Statistique Canada.

Bylinsky, G. 1994. "The Digital Factory" *Fortune*. Le 14 novembre, 1994

Caves, R.E. 1982. *Multinational Enterprise and Economic Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press.

Dunning, J.H. 1993. *Multinational Enterprises and the Global Economy*. Toronto: Addison-Wesley.

Jaakkola, H. et H. Tenhunen 1993. "The Impact of Information Technology on Finish Industry: A Review of Two Surveys", *STI Review*, No. 12, pp. 53-80.

Northcott, J. et G. Vickery 1993. "Surveys of the Diffusion of Microelectronics and Advanced Manufacturing Technology", *STI Review*, No. 12, pp. 7-35.

Robson, M., J. Townsend et K. Pave. 1988. "Sectoral Patterns of Production and Use of Innovation in the UK: 1945-1983." *Research Policy* 17:1-14.

Scherer, F.M. 1992. "Schumpeter and Plausible Capitalism", *Journal of Economic Literature* 30: 1416-34.

Vickery, G. et D. Campbell 1989. "Advanced Technology and the Organization of Work", *STI Review*, No. 6, pp.105-146.