

Entraves à l'adoption des technologies de pointe pour les fabricants canadiens

par

John R. Baldwin*

et

Zhengxi Lin**

11F0019MPE N° 173

ISSN : 1200-5231

ISBN : 0-662-86025-x

N° 173

* Division de l'analyse micro-économique
24^e étage, Immeuble R.-H. Coats
Statistique Canada
Ottawa, K1A 0T6
(613) 951-8588
Courriel : baldjoh@statcan.ca
Télécopieur : (613) 951-5403

** Anciennement de Statistique Canada
et actuellement avec
Développement des ressources humaines Canada

Août 2001

Le nom des auteurs est inscrit selon l'ordre alphabétique.

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

Also available in English

PUBLICATIONS ÉLECTRONIQUES DISPONIBLES À
www.statcan.ca



Table des matières

Résumé	v
Remerciements	vii
1. Introduction	1
2. Adoption des technologies de pointe : aperçu des avantages et des entraves	2
2.1 Source de données	2
2.2 Avantages de l'adoption des technologies de pointe	5
2.3 Entraves à l'adoption des technologies de pointe	8
3. Déterminants des entraves à l'adoption des technologies de pointe	13
3.1 Autres mesures des activités technologiques et innovatrices.....	13
3.2 Caractéristiques d'une usine	14
3.3 Résultats empiriques	16
4. Conclusion.....	24
Annexe	26
Bibliographie	29

PUBLICATIONS ÉLECTRONIQUES DISPONIBLES À
www.statcan.ca



Résumé

Nous examinons dans le présent document, à l'aide de données d'enquête, les problèmes auxquels font face les entreprises du secteur canadien de la fabrication lorsqu'elles décident d'adopter des technologies de pointe. Les données montrent que l'utilisation des technologies de pointe est relativement importante (leurs utilisateurs représentant plus de 80 % de toutes les livraisons), mais que leur emploi n'est pas répandu dans les entreprises (leurs utilisateurs ne constituant qu'environ le tiers de tous les établissements). Cette situation vient notamment du fait que les technologies de pointe offrent une vaste gamme d'avantages, mais que les entreprises sont également confrontées à une série d'entraves, des problèmes qui les empêchent d'adopter ces technologies. Ces entraves s'inscrivent à l'intérieur de cinq groupes : les problèmes liés aux coûts, les problèmes liés au cadre institutionnel, les problèmes en matière de main-d'œuvre, les problèmes liés à la structure organisationnelle et les problèmes en matière d'information.

Même si l'on pourrait s'attendre à ce que les entraves soient plus grandes pour les non-utilisateurs que pour les utilisateurs des technologies de pointe, c'est le contraire qui se produit. Nous postulons qu'il en est ainsi parce que l'innovation suppose un processus d'apprentissage. Les innovateurs et les utilisateurs des technologies de pointe font face à des problèmes qu'ils doivent régler et les entreprises plus innovatrices ont des plus gros problèmes. Nous vérifions ce postulat en examinant les facteurs liés au fait qu'une entreprise signale ou ne signale pas qu'elle a fait face à des entraves. Notre analyse multidimensionnelle révèle que les utilisateurs des technologies de pointe et que les entreprises qui innovent signalent plus souvent des entraves que les non-utilisateurs de ces technologies et que les entreprises qui n'innovent pas. Nous concluons qu'il ne faudrait pas interpréter l'information sur les entraves dans les rapports des enquêtes sur la technologie et d'autres enquêtes connexes (sur l'innovation) comme des obstacles infranchissables qui empêchent les entreprises d'adopter des technologies. Ces enquêtes indiquent plutôt les domaines où les entreprises qui connaissent le succès font face à des problèmes et les règlent.

Mots clés : fabrication, adoption des technologies de pointe, avantages, coûts, entraves.
JEL : L60, O33

PUBLICATIONS ÉLECTRONIQUES DISPONIBLES À
www.statcan.ca



Remerciements

Nous remercions Bob Gibson et David Sabourin de leur assistance au niveau des données. Une version précédente du document a été présentée à la Conférence économique de Statistique Canada de 1999. Nous remercions également notre critique, David Steward-Patterson et les participants à la Conférence de leurs commentaires et de leurs suggestions utiles. Une version abrégée de ce document sera publiée dans le journal « Research Policy ».

PUBLICATIONS ÉLECTRONIQUES DISPONIBLES À
www.statcan.ca



1. Introduction

En dépit du fait que l'adoption des technologies de pointe soit étroitement liée à des gains de productivité et à d'autres mesures du rendement des entreprises (Baldwin, Diverty et Sabourin, 1995; Beaumont et Schroder, 1997; Papaconstantinou et coll., 1996; Tracey, Vonderrembse et Lim, 1999), seulement 33 % environ des établissements canadiens utilisaient en 1993 au moins une technologie de pointe à l'intérieur de leur processus de production (Baldwin et Sabourin, 1995), ce qui soulève la question consistant à savoir pourquoi certaines entreprises canadiennes utilisent abondamment les technologies de pointe et d'autres ne les adoptent pas du tout.

La décision d'adopter des technologies de pointe dépend en fin de compte des avantages qu'offrent ces technologies et des coûts associés à leur adoption. Lors de l'*Enquête canadienne sur les innovations et les technologies de pointe de 1993*, les utilisateurs des technologies de pointe ont défini une vaste gamme d'avantages à les employer, comme une augmentation de la productivité, une amélioration de la qualité du produit et des conditions de travail, une réduction des coûts de production associés à des facteurs comme une réduction des besoins en main-d'œuvre et des stocks, une réduction de la consommation de matières et d'énergie, une augmentation du taux d'utilisation du matériel et une réduction du taux de rejet en cours de production (Baldwin, Sabourin et Rafiquzzaman, 1996). Ils ont en même temps aussi signalé une foule de coûts associés à l'acquisition des technologies de pointe, comme ceux entraînés par les études et la formation, le temps et l'argent nécessaires pour mettre au point les logiciels exigés et la hausse des dépenses d'entretien. En plus de ces coûts, toutes les entreprises ont signalé une série d'autres entraves à l'adoption des technologies de pointe. Ces entraves incluent des problèmes liés au cadre institutionnel qui sont associés aux régimes fiscaux et à la réglementation et aux normes gouvernementales, des problèmes en matière de main-d'œuvre comme une pénurie de compétences, les difficultés relatives à la formation et les conventions collectives, des problèmes organisationnels ou stratégiques associés à des difficultés liées à la mise en œuvre de changements importants dans l'organisation, l'attitude de la direction et la résistance des travailleurs et des problèmes en matière d'information comme un manque d'information scientifique et technique, de services technologiques et de soutien technique de la part des vendeurs. On a utilisé des listes similaires d'entraves pour étudier les obstacles à l'innovation (Arundel, 1997).

Le présent document porte sur un examen de l'importance des entraves au processus d'adoption de technologies. Nous nous y demandons s'il est prouvé que les non-utilisateurs d'une technologie de pointe trouvent que les entraves à son adoption sont plus grandes que ce que trouvent les utilisateurs de la technologie et s'il y a des plans particuliers sur lesquels les entraves sont les plus grandes. Nous traitons dans la section 2 des données d'enquête utilisées et nous y fournissons un aperçu des avantages de l'adoption des technologies et des entraves à leur adoption exposés à grands traits par les directeurs d'usine. Nous examinons dans la section 3 les facteurs reliés au signalement par une usine du fait qu'elle fait face à une entrave. Cette section est surtout axée sur la question consistant à déterminer si les non-utilisateurs de technologies sont plus susceptibles de signaler une entrave. Nous y constatons que les utilisateurs de technologies sont plus, non pas moins, susceptibles de signaler bien des types d'entraves. Nous y concluons qu'il ne faudrait pas interpréter les obstacles à l'adoption des technologies, au moins tels qu'on

les mesure dans les enquêtes sur la technologie, comme des obstacles infranchissables qui empêchent les entreprises d'adopter des technologies. Ces enquêtes indiquent plutôt les domaines où les entreprises qui connaissent le succès font face à des problèmes et les règlent.

2. Adoption des technologies de pointe : aperçu des avantages et des entraves

Étant donné que la décision d'adopter des technologies de pointe est étroitement reliée aux avantages nets qui découlent, d'après les perceptions, de la mise en service de nouveau matériel, la présente section renferme un aperçu des avantages de l'adoption de ces technologies dans le secteur canadien de la fabrication et du niveau de confrontation des entreprises à différentes entraves. Nous débutons par une brève présentation des données utilisées à l'intérieur de l'analyse.

2.1 Source de données

Les données utilisées pour l'analyse sont tirées des résultats de l'*Enquête sur les innovations et les technologies de pointe (EITP) de 1993* de Statistique Canada. Stratifié par taille, par industrie et par province, l'échantillon de l'EITP de 1993 est tiré au hasard d'une base de sondage de tous les établissements du secteur canadien de la fabrication, que tient à jour la Division du Registre des entreprises de Statistique Canada.

Le questionnaire d'enquête comprend huit sections. Trois sections portent sur l'examen de l'incidence de l'utilisation des technologies de pointe au niveau des usines, des avantages qui en découlent et des entraves qui, selon les déclarations des usines, retardent l'adoption de ces technologies. L'enquête porte aussi sur un examen détaillé des innovations d'une entreprise qui possède une usine (sur l'incidence des innovations, sur l'existence au sein de l'entreprise de services de recherche et de développement et sur les caractéristiques de l'environnement concurrentiel de l'usine). Les données ainsi rassemblées nous fournissent des mesures des entraves à l'utilisation des technologies de pointe et des mesures des activités technologiques et innovatrices des établissements et des entreprises qui possèdent ces établissements. L'enquête nous fournit en outre certaines caractéristiques générales comme la nationalité des propriétaires, le niveau de concurrence et le degré de syndicalisation des employés des usines. On peut trouver plus de détails sur l'enquête dans Baldwin et Sabourin (1995) et dans Baldwin, Sabourin et Rafiqzaman (1996).

Les données découlant de l'EITP sont combinées à des données, tirées du Recensement des manufactures de Statistique Canada, sur les différentes caractéristiques de chacune des usines incluses dans l'enquête : la taille, l'âge, la nationalité du ou des propriétaires (le contrôle canadien ou étranger) et la croissance au cours de la décennie ayant précédé l'enquête. Nous utilisons ces caractéristiques et d'autres à l'intérieur d'une analyse multidimensionnelle pour déterminer les facteurs liés à une entreprise indiquant qu'elle a fait face à différentes entraves à l'acquisition et à l'adoption de technologies de pointe.

L'enquête sert à collecter de l'information sur 22 technologies de fabrication de pointe qui sont détaillées¹. Pour la présente analyse, ces technologies sont classées en six groupes suivant leur fonction spécifique à l'intérieur du processus de production : la conception et l'ingénierie, la fabrication et le montage, la manutention automatisée des matériaux, l'inspection et les communications, le système d'information de fabrication et l'intégration et le contrôle. Le tableau 1 détaille ces technologies et le groupe fonctionnel à l'intérieur duquel elles s'inscrivent.

Les usines qui utilisent des technologies de pointe ont tendance à être grandes, mais ne sont pas nombreuses. Les établissements qui utilisaient en 1993 au moins une technologie de pointe représentaient alors plus de 81 % de toutes les livraisons du secteur canadien de la fabrication. (Voir le tableau 2.)² L'adoption des technologies de pointe n'est cependant pas étendue. Seuls un peu plus de 33 % des établissements utilisaient au moins une technologie de pointe.

Qu'est-ce qui amène alors certaines entreprises à utiliser les technologies de pointe et d'autres à ne pas les adopter du tout? La décision d'adopter une technologie de pointe repose en fin de compte sur les avantages qu'offre cette technologie et sur les coûts liés à son adoption. Cette dernière repose sur les entraves auxquelles les entreprises font face. Les deux sous-sections qui suivent renferment un aperçu des avantages et des entraves liées à l'adoption des technologies de pointe.

¹ Des enquêtes connexes uniquement axées sur la technologie ont été menées par l'Australian Bureau of Statistics (1989) et par le U.S. Bureau of the Census (1989 et 1993).

² Les établissements qui prévoyaient utiliser au moins une technologie de pointe au cours des deux années suivantes représentaient un autre 3 % des livraisons.

Tableau 1. Technologies de fabrication de pointe

Groupe fonctionnel	Technologie	Description
Conception et ingénierie	<ul style="list-style-type: none"> • Conception/ingénierie assistées par ordinateur • Résultats de la CAO appliqués au contrôle de la fabrication • Représentation numérique des résultats de la CAO 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation d'ordinateurs pour tracer et concevoir des pièces ou des produits (CAO/IAO) • Utilisation des résultats de la CAO pour le contrôle des machines servant à la fabrication • Utilisation de la représentation numérique des résultats de la CAO pour le contrôle des machines servant à la fabrication
Fabrication et montage	<ul style="list-style-type: none"> • Cellules/systèmes de fabrication flexibles • Machines à commande numérique ou à commande numérique pilotée par ordinateur • Systèmes d'usinage laser • Bras-transferts • Autres robots 	<ul style="list-style-type: none"> • Machines à capacités de traitement de matériel entièrement intégrées et contrôlées par ordinateur ou par des dispositifs de commande programmables • Machine unique à commande numérique ou à commande numérique pilotée par ordinateur avec ou sans capacités de manutention automatisée des matériaux • Technologie au laser utilisée pour la soudure, le découpage, le traitement, le traçage et le marquage • Robot unique transportant des articles d'un endroit à un autre
Manutention automatisée des matériaux	<ul style="list-style-type: none"> • Systèmes de stockage et de récupération automatisés • Systèmes de véhicules à guidage automatique 	<ul style="list-style-type: none"> • Matériel contrôlé par ordinateur prévu pour la manutention automatisée et le stockage de matières, de pièces, d'assemblages ou de produits finis • Véhicules équipés de dispositifs de guidage automatique
Inspection et communications	<ul style="list-style-type: none"> • Appareils automatisés utilisés pour l'inspection des matières d'arrivée • Appareils automatisés utilisés pour l'inspection du produit final • Réseau local de données techniques • Réseau local à l'usage de l'usine • Réseau informatique entre entreprises • Dispositifs de commande programmables • Ordinateurs industriels de commande 	<ul style="list-style-type: none"> • Appareils automatisés à capteurs utilisés pour l'inspection ou l'essai des matières d'arrivée ou en cours de transformation • Appareils automatisés à capteurs utilisés pour l'inspection ou l'essai du produit final • Utilisation de la technologie des réseaux locaux (RL) pour l'échange de données techniques à l'intérieur des services de conception et d'ingénierie • Utilisation de la technologie des réseaux locaux pour l'échange d'information entre des points différents sur le plancher de l'usine • Réseaux qui relient les établissements à leurs sous-traitants, à leurs fournisseurs et à leurs clients • Dispositif de contrôle à mémoire programmable pour la mémorisation d'instructions • Ordinateurs sur le plancher de l'usine qui peuvent être dédiés au contrôle, mais qui peuvent être reprogrammés pour d'autres fonctions
Systèmes d'information de fabrication	<ul style="list-style-type: none"> • Planification des besoins de matières • Planification des ressources de fabrication 	<ul style="list-style-type: none"> • Système de gestion et d'ordonnement de la production informatisée qui contrôle les commandes, les stocks et les produits finis • Gestion de la production informatisée du chargement mécanique et de l'ordonnement de la production, du contrôle des stocks et de la gestion du matériel
Intégration et contrôle	<ul style="list-style-type: none"> • Fabrication intégrée par ordinateur • Acquisition et contrôle des données • Systèmes d'intelligence artificielle/ experts 	<ul style="list-style-type: none"> • L'ordinateur central se charge de l'intégration et du contrôle de toute une gamme de procédés de fabrication • Contrôle informatisé direct des variables ayant trait aux procédés et à l'usine • Machine effectuant des tâches normalement attribuées à l'intelligence humaine/à l'informatisation des connaissances d'experts dans des domaines restreints, la localisation de pannes par exemple

Tableau 2. Adoption des technologies de pointe dans le secteur canadien de la fabrication, 1993

	Nombre de technologies en usage			
	0	1 à 4	5 à 9	10 et plus
% des livraisons	18,9	22,3	26,7	32,1
% des établissements	65,1	23,6	8,6	2,7

Source : Baldwin et Sabourin (1995).

2.2 Avantages de l'adoption des technologies de pointe

L'utilisation des technologies de pointe offre une vaste gamme d'avantages qui vont de l'augmentation de la productivité à la réduction des coûts, en passant par l'accroissement de la souplesse et par la fabrication de produits de meilleure qualité (Beaumont et Schroder, 1997; Rischel et Burns, 1997; Small, 1998).

La productivité augmente lorsque les mêmes extrants peuvent être produits avec moins d'intrants, ce qui mène à une réduction des coûts de production. Il est aussi possible de réduire les coûts de production lorsqu'on peut remplacer des intrants de coûts élevés par des intrants de coûts moins élevés, lorsqu'on peut remplacer une main-d'œuvre qualifiée par une main-d'œuvre qui l'est moins. L'adaptabilité constitue un avantage lorsque de nouvelles technologies peuvent permettre d'élargir la diversité d'une gamme de produits. De faibles taux de renouvellement des matériaux ou des moyens plus fiables, comme des sources d'alimentation en énergie pour des ordinateurs dont les taux de défaillance sont peu élevés, améliorent la qualité d'un produit.

Les avantages et les conséquences associés à l'adoption des technologies de pointe que les directeurs des usines utilisant de telles technologies ont signalés sont détaillés au tableau 3. Étant donné que ces avantages sont probablement particuliers à une technologie et que les groupes fonctionnels adoptés correspondent à différents stades du processus de production, nous signalons les avantages de chacun des quatre différents groupes fonctionnels décrits ci-dessus : la conception et l'ingénierie (CI), la fabrication et le montage (FM), la manutention automatisée des matériaux (MAM) et l'inspection et les communications (IC)³. Les colonnes 1 à 4 sont pondérées selon les livraisons et les colonnes 5 à 8, selon les établissements⁴. Il faudrait noter, bien sûr, que les groupes fonctionnels ne sont pas utilisés indépendamment l'un de l'autre. En comparant cependant dans quelle mesure le pourcentage d'usines (pondérées ou non pondérées selon les livraisons) signalant un avantage précis diffère entre les catégories de groupes fonctionnels, nous pouvons étudier si les catégories les plus importantes varient suivant le groupe fonctionnel, ce qui n'est généralement pas le cas.

³ Les deux autres groupes fonctionnels de technologies (les systèmes d'information de fabrication et l'intégration et le contrôle) sont relativement rares et ne sont pas souvent utilisés. Leurs résultats ne sont donc pas signalés.

⁴ Les pourcentages pondérés selon les livraisons indiquent la proportion de livraisons des usines qui utilisaient la technologie. Les pourcentages pondérés selon les établissements présentent la fraction des établissements qui utilisaient la technologie.

Une augmentation de la productivité globale (parfois appelée productivité totale des facteurs) est l'avantage associé à l'adoption des technologies de pointe le plus souvent signalé. Plus de la moitié des utilisateurs des technologies de conception et d'ingénierie, de fabrication et de montage et de manutention automatisée des matériaux ont signalé une amélioration de la productivité. La prédominance de cet avantage est encore plus évidente lorsqu'on pondère les résultats selon les livraisons. Les utilisateurs des technologies de conception et d'ingénierie, de fabrication et de montage et de manutention automatisée des matériaux qui ont enregistré une amélioration de la productivité représentaient 70 % à 77 % des livraisons. L'augmentation de la productivité est aussi la catégorie d'avantages la plus importante pour les utilisateurs des technologies d'inspection et de communication, mais elle partage ici la tête avec l'amélioration de la qualité du produit.

On peut en arriver à une augmentation de la productivité globale par une foule de moyens, comme une réduction de l'utilisation de main-d'œuvre, de la consommation de matières premières ou d'énergie et par une meilleure utilisation du matériel. Les utilisateurs des technologies de pointe définissent à différents degrés des avantages sur tous ces plans. La catégorie dominante à ce niveau est cependant la réduction des besoins en main-d'œuvre. On ne réduit cependant pas les coûts de la main-d'œuvre en remplaçant de la main-d'œuvre spécialisée par de la main-d'œuvre non spécialisée. En général, un pourcentage plus élevé d'entreprises indique que les niveaux des compétences ont augmenté plutôt que diminué. Généralement, la deuxième plus importante cause d'amélioration de la qualité découle de l'augmentation du taux d'utilisation du matériel, surtout dans les grandes usines utilisant des technologies de fabrication et de montage et de manutention automatisée des matériaux. Dans tous les cas, l'adoption des technologies de pointe a mené à une augmentation des dépenses en immobilisations, non pas à leur diminution. Ainsi, les avantages de l'utilisation des technologies de pointe s'accompagnent de coûts plus élevés, tant en raison du besoin d'une main-d'œuvre plus spécialisée que d'une augmentation des dépenses en immobilisations.

L'amélioration de la qualité du produit est le deuxième avantage le plus important découlant de l'adoption des technologies de pointe. Entre le tiers et plus de la moitié des utilisateurs de ces technologies estimaient que la qualité de leur produit s'était améliorée; la part des livraisons de tous les utilisateurs représentée par les établissements ayant signalé un tel avantage variait d'un plancher de 47 % pour les utilisateurs des technologies de conception et d'ingénierie à un plafond de 65 % pour les utilisateurs de technologies dans le domaine de la fabrication et du montage. Une grande partie de cette amélioration de la qualité est associée à une réduction des taux de renouvellement des matériaux. Le pourcentage d'établissements ayant indiqué que leurs taux de rejet en cours de production avaient diminué à la suite de l'introduction des technologies de pointe est presque aussi élevé que celui des établissements ayant indiqué que la qualité de leur produit s'était améliorée, surtout dans le cas des utilisateurs des technologies de pointe sur le plan de la fabrication et du montage.

Tableau 3. Avantages et conséquences de l'adoption des technologies de pointe

Avantage/conséquence	% des livraisons				% des établissements			
	Conception et ingénierie	Fabrication et montage	Manutention automatisée des matériaux	Inspection et communications	Conception et ingénierie	Fabrication et montage	Manutention automatisée des matériaux	Inspection et communications
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Augmentation de la productivité	70,1	75,9	77,4	54,6	56,0	55,7	54,2	34,3
Réduction des besoins en main-d'œuvre	48,6	72,1	50,0	31,5	35,3	47,6	54,2	21,7
Réduction de la consommation de matières	19,0	34,1	15,0	13,8	17,2	24,0	15,2	10,7
Réduction de la consommation d'énergie	9,8	24,3	7,7	11,7	7,3	15,1	8,7	6,6
Augmentation du taux d'utilisation du matériel	29,5	43,3	56,3	29,3	13,0	23,8	20,2	12,4
Augmentation des besoins en capital	33,2	52,6	58,6	30,1	25,6	35,2	27,3	18,8
Diminution des dépenses en immobilisations	3,9	6,1	5,6	3,0	3,0	4,7	3,7	1,5
Réduction des stocks	9,3	43,2	20,2	22,1	8,0	22,0	23,0	9,7
Amélioration de la qualité du produit	46,7	65,2	56,8	51,2	43,1	52,9	32,6	33,7
Réduction du taux de rejet en cours de production	18,3	57,8	52,6	41,3	20,9	39,9	24,2	22,5
Réduction du temps de montage	38,7	51,2	46,4	11,0	26,8	38,7	19,6	10,8
Adaptabilité accrue du produit	37,4	48,7	52,5	19,0	30,1	32,2	18,3	12,7
Amélioration des conditions de travail	28,5	43,8	58,5	19,2	18,0	33,5	29,8	15,2
Réduction des dommages à l'environnement	5,3	26,2	7,4	11,2	8,4	15,7	11,6	8,4
Augmentation des compétences nécessaires	54,2	56,0	58,8	47,2	34,0	32,4	25,1	26,4
Réduction des compétences nécessaires	8,2	15,8	5,0	5,6	4,8	9,7	7,6	3,1

Nota : Les avantages et les conséquences ne s'excluent pas mutuellement, pas plus que les groupes de technologies utilisées.

Source : Baldwin, Sabourin et Rafiqzaman (1996).

Les utilisateurs des technologies de pointe ont aussi déclaré que l'adaptabilité accrue du produit constituait un avantage, confirmant de ce fait les prévisions selon lesquelles les nouvelles technologies de pointe auraient un effet spectaculaire dans ce domaine (Young, Francis et Young, 1993; Spina et coll., 1996). Enfin, un bon pourcentage d'entreprises a signalé que les conditions de travail s'étaient améliorées à la suite de l'utilisation de ces technologies. En résumé, les utilisateurs des technologies de pointe ont fait état d'une liste impressionnante d'avantages, l'augmentation de la productivité et l'amélioration de la qualité étant les plus importants.

2.3 Entraves à l'adoption des technologies de pointe

On peut diviser en cinq groupes les entraves ayant fait l'objet d'un examen dans le cadre de l'EITP. Le premier groupe d'entraves inclut un ensemble de problèmes généraux liés aux coûts associés à l'adoption des technologies de pointe, y compris le coût du capital, le coût d'acquisition des technologies, le coût d'acquisition du matériel connexe, le coût de mise au point des logiciels s'y rattachant et la hausse des dépenses d'entretien.

Nous avons aussi défini quatre autres aspects, des entraves qui découlent des politiques gouvernementales (ce que nous appelons les problèmes liés au cadre institutionnel), d'imperfections du marché du travail, de problèmes d'organisation interne et d'imperfections sur le marché de l'information. Chacun de ces aspects ou chacune de ces entraves accroît aussi les coûts d'adoption d'une technologie de pointe, mais les causes en sont quelque peu plus étroitement concentrées que les éléments généraux liés aux coûts inclus dans la première catégorie.

Les problèmes en matière de main-d'œuvre incluent des difficultés qui surviennent parce que les nouvelles technologies et l'innovation en général exigent des compétences de niveaux plus élevés (Baldwin, Gray et Johnson, 1996; Baldwin et Da Pont, 1996). Devant ces exigences, une entreprise peut être confrontée à des entraves à l'adoption de ces technologies s'il y a pénurie de compétences sur le marché ou si elle fait face à des difficultés relatives à la formation pour surmonter des insuffisances ou si ses conventions collectives limitent sa capacité d'établir pour sa main-d'œuvre une rotation des tâches.

Les problèmes organisationnels sont ceux associés aux difficultés de mise en œuvre des types de changements à l'intérieur d'une entreprise qu'exige l'adoption des technologies de pointe. La première de ces difficultés est la difficulté de mettre en œuvre des changements importants à l'intérieur de l'organisation. L'introduction de la conception assistée par ordinateur, par exemple, peut exiger de nouvelles structures qui relieront la mise au point technique au service de la production de façon à permettre d'exploiter pleinement les avantages de pratiques concurrentes en matière d'ingénierie. D'autres problèmes organisationnels découlent d'une mauvaise attitude de la haute direction envers les nouvelles technologies ou de la résistance des travailleurs.

Les problèmes liés au cadre institutionnel sont les problèmes associés aux régimes fiscaux (aux crédits d'impôt à l'investissement dans la R-D et aux déductions pour amortissement) et à la réglementation et aux normes gouvernementales. Les problèmes en matière d'information se produisent si les marchés de la connaissance sont imparfaits.

Ces problèmes incluent le manque d'information scientifique et technique, le manque de services technologiques et le manque de soutien technique de la part des vendeurs.

Le tableau 4 présente le pourcentage de directeurs d'usine ayant signalé que ces problèmes entravaient l'adoption des technologies de pointe. Nous utilisons deux mesures de l'activité technologique pour examiner les différences au niveau des entraves auxquelles font face les usines plus actives technologiquement. Nous signalons premièrement le pourcentage d'utilisateurs par rapport au pourcentage de non-utilisateurs des technologies confrontés à une entrave; utilisateur d'une technologie s'entend ici d'une usine qui utilise l'une des 22 technologies de pointe. Nous divisons aussi l'échantillon d'usines en entreprises-mères ayant déclaré une innovation (définie comme étant l'introduction d'un nouveau produit ou d'un nouveau processus ou procédé) et celles n'ayant pas déclaré d'innovation au cours des trois années ayant précédé l'enquête. Les colonnes 1 à 5 renferment le pourcentage de livraisons dans les usines ayant signalé une entrave particulière et les colonnes 6 à 10, le pourcentage d'établissements (dûment pondéré pour représenter la population du secteur de la fabrication) ayant signalé qu'ils ont été confrontés à cette entrave. L'importance qui sera accordée aux entraves différera dans le premier pan (les colonnes 1 à 5) du second pan (les colonnes 6 à 10) si les grandes entreprises sont plus susceptibles de qualifier une entrave d'importante.

Parmi les cinq grands groupes d'entraves, les problèmes généraux liés aux coûts sont les plus importants et ceux les plus souvent signalés par les entreprises. L'économie intervient à l'intérieur du processus d'innovation et on voit que de vastes classes génériques de coûts comme le matériel et le capital ont des répercussions sur les décisions en matière d'investissements. Les facteurs de coût responsables (par ordre d'importance) sont le coût du matériel, les dépenses en immobilisations, le coût d'acquisition des technologies, le coût de la mise au point des logiciels et les dépenses d'entretien. Plus des deux tiers des établissements ont enregistré au moins l'une de ces entraves, ce qui représente près de 80 % de toutes les livraisons du secteur de la fabrication. Que nous utilisions le pourcentage d'établissements (la colonne 6) ou la part des livraisons (la colonne 1), les classements de ces facteurs sont à peu près les mêmes, ce qui indique que les grandes et que les petites entreprises accordent une importance égale à ces entraves liées aux coûts.

Les problèmes en matière de main-d'œuvre, découlant de pénuries de compétences, de difficultés relatives à la formation ou de conventions collectives, constituent le plan sur lequel des problèmes bien précis sont les plus importants. Quelque 29 % des établissements les ont qualifiés d'entraves. Les livraisons d'établissements qui ont enregistré au moins l'une de ces difficultés représentaient 37 % la production totale du secteur de la fabrication.

Les problèmes liés à la structure organisationnelle causés par les difficultés à mettre en œuvre des changements importants à l'intérieur de l'organisation, l'attitude de la direction et la résistance des travailleurs constituent le groupe ensuite le plus important. Une entreprise sur cinq a enregistré l'un

de ces problèmes. Contrairement aux autres catégories cependant, la part des livraisons dans les usines ayant signalé ce problème (34 %) est énormément plus élevée que le pourcentage d'établissements qui avaient ce problème (21 %), ce qui indique que les gros établissements sont plus susceptibles d'éprouver de tels problèmes.

La catégorie la moins importante d'entraves se compose des problèmes liés au cadre institutionnel (associés au crédit d'impôt à l'investissement dans la R-D, à la déduction pour amortissement et à la réglementation gouvernementale) et des problèmes en matière d'information (comme le manque d'information scientifique et technique, le manque de services technologiques et le manque d'appui technique de la part des vendeurs).

Si les entraves sont les principaux éléments qui dissuadent les entreprises d'utiliser des technologies de pointe et d'innover, on pourrait s'attendre à ce que les non-utilisateurs et à ce que les non-innovateurs signalent des entraves plus grandes. Ce n'est pas le cas. Sauf de rares exceptions, le pourcentage d'entreprises ayant signalé des entraves était nettement et invariablement plus élevé chez les utilisateurs que chez les non-utilisateurs des technologies de pointe; les entraves étaient aussi plus fréquentes chez les innovateurs que chez les non-innovateurs.

Un modèle d'apprentissage par la pratique de l'adoption des technologies de pointe peut expliquer ce phénomène. Les entreprises doivent évaluer les avantages de la mise en œuvre de changements technologiques. Les entreprises qui innover récoltent des avantages importants comme nous l'avons déjà montré. Afin de récolter ces avantages, elles doivent assumer les coûts plus élevés de nouveau matériel et d'installations de recherche et de développement. D'autres recherches montrent qu'il y a bien des types de coûts qui sont plus élevés pour les utilisateurs des technologies de pointe et pour les innovateurs. Pour leur part, les entreprises plus avancées technologiquement constatent que leurs exigences professionnelles s'accroissent après l'introduction de nouvelles technologies (Baldwin, Gray et Johnson, 1996). La formation est plus probable dans des entreprises qui utilisent de la haute technologie ou qui innover (Baldwin, 1999). Les entreprises qui innover sont en outre davantage susceptibles de développer des compétences plus grandes dans d'autres domaines que simplement les ressources humaines. Baldwin et Johnson (1996 et 1999) ont montré que les entreprises plus innovatrices (surtout celles qui ont introduit de nouveaux produits *et* de nouveaux processus ou de nouveaux procédés) développent des compétences plus grandes dans une vaste gamme de domaines. Elles retirent davantage de leur stratégie d'innovation à risque élevé, mais elles risquent davantage et elles assument des coûts supérieurs, parce qu'elles doivent maîtriser une plus vaste gamme de compétences.

Tableau 4. Entraves à l'adoption des technologies de pointe

Entrave	% des livraisons					% des établissements				
	Toutes les entreprises (1)	Utilisateur (2)	Non-utilisateur (3)	Innovateur (4)	Non-innovateur (5)	Toutes les entreprises (6)	Utilisateur (7)	Non-utilisateur (8)	Innovateur (9)	Non-innovateur (10)
Liée aux coûts	79,1	83,5	58,7	82,9	66,4	68,5	76,9	63,1	72,6	65,9
Capital	49,2	50,7	42,1	49,8	46,9	47,0	48,9	45,7	47,6	46,6
Matériel	56,4	58,6	46,1	59,6	45,6	53,0	58,8	49,3	56,7	50,8
Mise au point de logiciels	21,8	23,6	12,9	21,6	22,4	17,5	22,9	14,1	21,1	15,4
Entretien	13,3	14,0	10,1	14,1	10,7	12,4	12,8	12,1	12,2	12,5
Acquisition des technologies	28,8	30,1	23,1	30,1	24,6	27,9	28,1	27,8	26,9	28,5
Liée au cadre institutionnel	15,5	15,9	13,2	16,5	11,9	16,4	16,6	16,4	18,6	15,1
Crédit d'impôt à l'investissement dans la R-D	7,6	8,0	5,8	8,7	3,8	7,7	9,8	6,4	11,7	5,3
Déduction pour amortissement	8,7	9,5	4,9	9,7	5,0	8,4	9,5	7,6	9,9	7,4
Réglementation et normes	7,2	7,4	6,3	6,8	8,4	9,9	8,1	11,1	9,3	10,3
En matière de main-d'œuvre	37,2	39,9	24,2	39,0	30,9	28,8	34,5	25,2	33,7	25,8
Pénurie de compétences	22,8	24,3	15,7	24,0	18,7	20,2	22,7	18,6	23,3	18,3
Difficulté relative à la formation	19,3	20,7	12,8	19,8	17,5	16,8	20,5	14,4	18,0	16,0
Convention collective	13,0	14,2	7,3	13,4	11,3	5,8	7,2	4,9	7,2	4,9
Organisationnelle	34,1	37,3	18,9	35,9	28,1	20,9	26,1	17,7	24,9	18,5
Difficulté liée à la mise en œuvre d'un changement	23,3	25,7	11,9	25,4	16,2	13,0	15,9	11,1	17,2	10,4
Attitude de la direction	16,7	18,5	8,3	16,8	16,4	7,9	9,4	7,0	9,2	7,2
Résistance des travailleurs	11,0	11,3	9,4	11,5	8,9	9,0	10,7	7,9	9,8	8,5
En matière d'information	24,9	26,6	16,8	27,2	17,1	16,0	19,6	13,7	22,0	12,3
Manque d'information	12,4	12,3	12,9	12,9	10,7	10,4	10,5	10,4	13,3	8,7
Manque de services	9,8	10,1	8,3	10,4	7,7	7,7	8,2	7,4	10,4	6,0
Manque de soutien de la part des vendeurs	10,9	11,3	8,8	11,5	8,8	8,6	11,0	7,1	12,1	6,4

Nota : Les groupes d'entraves et les composantes des sous-groupes ne s'excluent pas mutuellement. Les résultats au niveau d'un groupe renvoient à l'incidence de l'enregistrement de l'une des entraves à l'intérieur du groupe.

Lorsque nous comparons par conséquent les utilisateurs et les non-utilisateurs des technologies de pointe, nous avons affaire à deux populations très différentes. Les utilisateurs des technologies de pointe ou les entreprises qui innovent ont déjà été exposées aux problèmes qu'entraîne une stratégie innovatrice. Avant d'adopter de nouvelles technologies, les entreprises ont une connaissance élémentaire des problèmes auxquels elles seront confrontées. Cette impression n'est correcte qu'en ce qui concerne le vaste aperçu de l'importance relative des différents problèmes auxquels elles font face. Le classement relatif des utilisateurs et des non-utilisateurs des technologies de pointe (la corrélation entre les résultats des utilisateurs et des non-utilisateurs ou des innovateurs et des non-innovateurs) (qu'on utilise le pourcentage des établissements ou le pourcentage des expéditions, la corrélation est de plus de 0,95) est assez similaire. Cependant, le niveau des entraves est généralement plus faible pour les non-utilisateurs des technologies ou pour les non-innovateurs. C'est en essayant d'adopter une stratégie innovatrice ou technologiquement avancée qu'une entreprise connaît l'intensité véritable des problèmes qu'elle doit régler.

Le seul plan sur lequel les différences entre les utilisateurs et les non-utilisateurs des technologies de pointe sont généralement plus petites est celui qui a trait aux politiques gouvernementales. Quand il s'agit d'évaluer l'utilité des programmes de subvention à la R-D ou les problèmes posés par la réglementation gouvernementale, les non-utilisateurs des technologies sont capables *ex ante* de mieux évaluer la probabilité que l'activité gouvernementale leur profitera ou les limitera.

En résumé, nous devrions nous attendre à ce qu'une stratégie plus axée sur les technologies de pointe mène au signalement de plus d'entraves. Même si les différences au niveau des entraves entre les utilisateurs et les non-utilisateurs des technologies de pointe peuvent s'expliquer dans le contexte du processus d'apprentissage par la pratique de l'adoption de ces technologies, il y a d'autres facteurs qui peuvent entrer en ligne de compte et qu'il faut examiner à l'intérieur d'un cadre multidimensionnel. Des travaux réalisés précédemment montrent qu'il existe des différences inhérentes au niveau de certaines caractéristiques des entreprises entre les utilisateurs et les non-utilisateurs des technologies de pointe et entre les entreprises qui innovent et celles qui n'innovent pas⁵. Il se peut que ces caractéristiques contribuent également aux différences observées au niveau des entraves. Dans la section qui suit, nous nous demandons si les différences au niveau des entraves persistent après un contrôle des caractéristiques des entreprises.

⁵ Baldwin et Diverty (1995), par exemple, ont montré que l'utilisation des technologies de pointe est positivement associée à la taille d'une entreprise et à la croissance de sa production; la tendance des grandes entreprises à être plus innovatrices est aussi bien documentée (Baldwin, Gellatly, Johnson et Peters (1998); Evangelista et Sirilli (1997); Cosh, Hughes et Wood (1996), par exemple).

3. Déterminants des entraves à l'adoption des technologies de pointe

Afin d'examiner les facteurs qui sont associés aux entraves, nous utilisons une analyse multidimensionnelle pour relier la probabilité de signaler une entrave au fait qu'une usine soit ou ne soit pas technologiquement avancée et à un ensemble de caractéristiques d'une usine, comme sa taille, sa croissance, sa région et son degré de créativité.

Nous effectuons les régressions pour chacun des cinq principaux groupes d'entraves : les entraves liées aux coûts, les entraves liées au cadre institutionnel, les entraves en matière de main-d'œuvre, les entraves liées à la structure organisationnelle et les entraves en matière d'information. Pour chaque groupe, la variable dépendante prend une valeur de un si une usine signale l'un des problèmes classés à l'intérieur du groupe et une valeur de zéro autrement. Nous estimons la relation à l'aide d'une régression logistique, parce que la variable dépendante est dichotomique⁶.

3.1 Autres mesures des activités technologiques et innovatrices

Nous utilisons quatre variables différentes pour mesurer l'activité technologique afin de tester la solidité de notre hypothèse selon laquelle les entraves sont plus grandes dans les entreprises technologiquement plus avancées ou plus innovatrices.

La première variable, l'UTILISATEUR, sert à mesurer si l'usine utilise des technologies de pointe ou n'en utilise pas du tout à l'intérieur de son processus de production. C'est une variable dichotomique prenant une valeur de un si l'usine utilise l'une des 22 technologies et de zéro autrement. Elle distingue les utilisateurs des non-utilisateurs des technologies de pointe, mais elle ne tient pas compte de l'intensité d'utilisation des technologies.

La deuxième variable, l'UTILISATION DES TECHNOLOGIES, sert à mesurer le nombre total de technologies de pointe en usage. C'est une variable continue reflétant le nombre total de technologies de pointe qu'une entreprise utilise et dont la valeur varie de 0 à 22. Elle tient compte de l'intensité d'utilisation des technologies. Sa forme impose une relation monotone entre le nombre de technologies en usage et la probabilité de signaler une entrave.

La troisième variable se compose d'un ensemble de variables binaires saisissant différentes intensités (0, 1 à 4, 5 à 9 et 10 technologies et plus). Elle tient compte de l'intensité d'utilisation des technologies et de la possibilité d'une répercussion non linéaire du nombre de technologies qui sont utilisées.

Il faudrait noter que les trois premières mesures s'emboîtent essentiellement les unes dans les autres, ce qui nous permet de vérifier si la saisie de l'intensité d'utilisation des technologies de pointe par opposition à leur incidence d'utilisation importe.

⁶ Nous avons mis à l'essai une analyse par la méthode des probits, qui a donné les mêmes résultats qualitatifs.

Enfin, la quatrième variable, l'INNOVATION, sert à mesurer si les usines sont innovatrices. Cette variable est plus étendue que la simple variable UTILISATION DES TECHNOLOGIES. On mesure les activités innovatrices à l'aide d'une variable dichotomique indiquant si l'entreprise qui contrôlait l'usine a introduit une innovation majeure au niveau de la production ou de ses processus ou de ses procédés au cours des trois années ayant précédé l'enquête.

3.2 Caractéristiques d'une usine

On a montré que certaines caractéristiques d'une usine ont des conséquences sur le fait qu'on y utilise des technologies de pointe ou qu'on ne le fait pas (Baldwin et Diverty, 1995) ou sur le caractère innovateur ou non innovateur d'une usine (Baldwin, Hanel et Sabourin, 2001). Ces caractéristiques incluent la région, le secteur industriel, l'intensité de la concurrence, l'âge, les modèles de croissance de la production, la nationalité du ou des propriétaires, la taille et la syndicalisation.

Nous incluons ces variables parce qu'elles devraient représenter des aspects de l'utilisation des technologies qui ne sont pas saisis par les variables des technologies utilisées. Même si nous incluons des variables comme l'UTILISATEUR et l'UTILISATION DES TECHNOLOGIES qui mesurent l'ampleur de l'utilisation de ces dernières, ces variables ne peuvent saisir complètement la complexité ou le degré de sophistication de l'environnement technologique véritable. Étant donné que les usines plus grandes, plus jeunes et contrôlées par des intérêts étrangers sont davantage susceptibles d'utiliser une technologie (Baldwin et Diverty, 1995; Baldwin et Sabourin, 1997), nous postulons que les usines possédant ces caractéristiques sont plus technologiquement avancées sous bien des aspects et qu'elles devraient donc être davantage susceptibles de signaler une entrave. Nous mesurons la taille d'un établissement à l'aide de quatre variables binaires saisissant le nombre d'employés : moins de 20, 20 à 99, 100 à 499 et 500 et plus. Nous mesurons l'âge d'une entreprise à l'aide de trois variables binaires : née avant 1975, entre 1975 et 1984 et après 1984.

Nous incluons aussi des variables binaires régionales pour saisir le même phénomène de sophistication technologique-intensité. Comme l'incidence de l'utilisation des technologies de pointe est moins marquée au Canada atlantique et au Québec que dans les autres provinces (Baldwin et Sabourin, 1995), la sophistication technique d'ensemble de ces régions devrait aussi se refléter par des entraves généralement moins grandes. Nous utilisons cinq régions économiques dans l'analyse de régression : le Canada atlantique (qui comprend Terre-Neuve, l'Île-du-Prince-Édouard, la Nouvelle-Écosse et le Nouveau-Brunswick), le Québec, l'Ontario, les provinces des Prairies (qui incluent le Manitoba, la Saskatchewan et l'Alberta) et la Colombie-Britannique.

Nous y incluons la croissance d'une usine pour trois raisons. Premièrement, la croissance est une mesure du succès et il y a une corrélation élevée entre le succès et le degré de capacité d'innover à l'intérieur d'une entreprise (Baldwin, 1996; Baldwin et Johnson, 1998). Même si nous saisissons des innovations majeures avec l'INNOVATION, il y a d'autres aspects plus mineurs qui sont omis et que la variable de la croissance est destinée à représenter. Nous devrions donc

nous attendre à ce que la croissance soit positivement reliée aux entraves. Deuxièmement, les entreprises qui croissent sont technologiquement sophistiquées (Baldwin et Diverty, 1995). Troisièmement, la croissance elle-même occasionne des problèmes. Les entreprises qui croissent doivent apprendre à faire face aux problèmes associés à une plus grande taille. Les organisations qui croissent doivent changer. La direction d'une plus grande entreprise exige de sa main-d'œuvre de nouvelles compétences. Ces problèmes risquent d'être particulièrement graves sur le plan des entraves en matière de main-d'œuvre. Nous mesurons les modèles de croissance de la production par le changement qui s'est produit au niveau des livraisons d'une usine au cours de la période de 10 ans allant de 1982 à 1992. En classant les entreprises suivant leur croissance au niveau de leurs livraisons durant cette période, nous créons trois classes de croissance, chaque classe englobant un nombre égal d'entreprises. Ces classes sont : une croissance faible ou négative, une croissance moyenne et une croissance élevée. La nationalité du ou des propriétaires est représentée par une variable binaire, CANADA, qui prend une valeur de un si l'entreprise-mère de l'usine a mentionné qu'elle était contrôlée par des Canadiens et de zéro autrement.

Nous postulons aussi que l'importance de la syndicalisation dans une usine est liée aux entraves, mais pas nécessairement en raison d'un lien avec la sophistication technologique. Nous l'incluons plutôt parce qu'elle est parfois perçue comme un facteur qui rendrait plus difficile l'adoption des technologies, étant donné qu'elle accroît les coûts de gestion de modifications aux régimes de travail durant l'introduction de nouveaux processus ou de nouveaux procédés technologiques. La syndicalisation est une variable binaire qui prend une valeur de un si l'entreprise-mère déclare que l'un de ses employés est couvert par une convention collective.

Nous postulons aussi que l'environnement à l'intérieur duquel une usine fonctionne aura des conséquences sur la nature des entraves auxquelles elle se heurtera. La première caractéristique que nous examinons est le fait que l'environnement d'une industrie soit ou non un environnement avancé par rapport au degré d'innovation qu'elle produit aujourd'hui. Certaines industries sont plus innovatrices et les usines dans ces industries sont donc davantage susceptibles de faire face à des entraves. Nous saisissons l'environnement innovateur à l'aide d'une taxonomie industrielle mise au point par Robson, Townsend et Pavitt, 1988, qui a été utilisée avec succès à l'intérieur d'une recherche dont le rapport renferme des explications sur la probabilité pour une entreprise d'innover ultérieurement (Baldwin, Hanel et Sabourin, 2001). Nous classons les entreprises en trois secteurs suivant leurs activités industrielles : le secteur innovateur central, le secteur innovateur secondaire et le secteur innovateur « autre »⁷. On considère dans les travaux touchant le Royaume-Uni et les États-Unis (Robson, Townsend et Pavitt, 1988) et le Canada (Baldwin et Hanel, 2002) que le secteur central produit plus d'innovations qu'il n'en utilise. Le secteur « autre » ingère de nouveaux produits et des machines et du matériel des secteurs central et secondaire. Si la production d'une innovation plutôt que son adoption est un signe de sophistication, nous devrions nous attendre à ce que les secteurs central, secondaire et « autre » se classent dans cet ordre pour ce qui est de la probabilité de signaler une entrave.

⁷ Le secteur innovateur central inclut les industries des produits pétroliers raffinés et des produits chimiques, des produits électriques et des produits électroniques; le secteur innovateur secondaire inclut les métaux ouvrés, le caoutchouc et les matières plastiques, le matériel de transport, les métaux de première transformation et les minéraux non métalliques; le secteur innovateur « autre » inclut le papier, le bois, les aliments et les boissons, les textiles et les vêtements, l'imprimerie et l'édition, les meubles et les articles d'ameublement et les autres industries manufacturières.

La deuxième caractéristique environnementale qui, suivant notre postulat, a des conséquences sur le développement d'entraves est l'environnement concurrentiel. La concurrence est importante en ce sens qu'elle a des conséquences sur l'innovation ou sur les compétences technologiques. Ailleurs, nous avons constaté l'existence d'une relation positive entre la concurrence et l'innovation (Baldwin, Hanel et Sabourin, 2001). L'intensité de la concurrence à laquelle une entreprise est confrontée se mesure par le nombre de rivaux qui lui font directement concurrence sur le marché pour la vente de son principal ou de ses principaux produit(s) : 5 concurrents ou moins, 6 à 19 concurrents et 20 concurrents et plus. Le tableau 5 présente plus de détails sur des variables et des statistiques sur l'échantillon.

3.3 Résultats empiriques

Le tableau 6 présente les résultats des régressions relatifs à la probabilité de signaler des entraves faisant partie de chacun des cinq principaux groupes. Les coefficients sont tous calculés par rapport à la catégorie omise : une usine qui n'utilisait pas de technologie de pointe, n'introduisait pas d'innovation, était située en Ontario, s'inscrivait dans le secteur innovateur « autre », était confrontée au plus petit nombre de concurrents (5 ou moins), était née avant 1975, croissait lentement, appartenait à des intérêts étrangers, faisait partie de la tranche de taille la plus petite (moins de 20 employés) et dont les employés n'étaient pas syndiqués. Les estimations des régressions reposent sur un échantillon de 1 936 établissements. La colonne 1 renferme les estimations pour les problèmes liés aux coûts, la colonne 2, pour les problèmes liés au cadre institutionnel, la colonne 3, pour les problèmes en matière de main-d'œuvre, la colonne 4, pour les problèmes liés à la structure organisationnelle et la colonne 5, pour les problèmes en matière d'information. Dans ce tableau, nous mesurons l'utilisation des technologies par la gamme du nombre de technologies en usage. Les tableaux A1 à A3 inclusivement de l'annexe présentent les résultats pour les autres mesures : l'incidence d'utilisation des technologies de pointe, l'intensité de leur utilisation et un terme interactif entre utiliser des technologies de pointe et être un innovateur. Le tableau A1 rend compte des résultats de la régression lorsqu'on mesure l'utilisation des technologies à l'aide d'une seule variable fictive indiquant si une entreprise utilise une technologie de pointe, le tableau A2, lorsqu'on mesure l'utilisation des technologies par le nombre réel de technologies utilisées et le tableau A3, lorsqu'on mesure les activités d'une entreprise par la relation entre l'utilisation des technologies et l'innovation (non-utilisateur—non-innovateur, utilisateur—non-innovateur, non-utilisateur—innovateur et utilisateur—innovateur).

Les estimations des paramètres au tableau 6 montrent les répercussions qualitatives des variables explicatives. Afin de mieux décrire les répercussions quantitatives de chacune des variables, nous présentons au tableau 7 la probabilité que chacune des cinq entraves à l'adoption de technologies de pointe se réalise ultérieurement. Ces probabilités sont estimées à l'aide des résultats des régressions présentés au tableau 6, évalués aux valeurs moyennes de l'échantillon⁸. Encore une fois, la colonne 1 renferme des estimations pour les problèmes liés aux coûts, la colonne 2, pour les problèmes liés au cadre institutionnel, la colonne 3, pour les problèmes en matière de main-

⁸ Le modèle de régression logistique est $\text{Ln}[P/(1-P)] = \beta X$; il s'ensuit que $P = \exp(\beta X) / [1 + \exp(\beta X)]$, où P est la probabilité.

d'œuvre, la colonne 4, pour les problèmes liés à la structure organisationnelle et la colonne 5, pour les problèmes en matière d'information.

Les résultats montrent que l'utilisation de technologies est positivement associée à des obstacles sur presque tous les plans. Nous pouvons constater à partir du tableau 6 que les usines ayant déclaré qu'elles utilisaient 10 technologies ou plus sont beaucoup plus susceptibles d'avoir été confrontées à des entraves liées aux coûts, liées au cadre institutionnel, en matière de main-d'œuvre et en matière d'information. Lorsque nous n'utilisons que l'incidence (l'UTILISATEUR), nous constatons une conséquence importante pour les problèmes liés aux coûts, en matière de main-d'œuvre et liés à la structure organisationnelle. (Voir le tableau A1.) Lorsque nous incluons l'intensité d'utilisation des technologies de pointe (l'UTILISATION DES TECHNOLOGIES), nous constatons une conséquence importante pour les problèmes liés aux coûts et en matière de main-d'œuvre. (Voir le tableau A2.)

Nous observons que les innovateurs signalent des entraves liées au cadre institutionnel et en matière d'information beaucoup plus grandes. Lorsque nous divisons les utilisateurs des technologies de pointe entre innovateurs et non-innovateurs (au tableau A3), nous constatons que les innovateurs sont plus susceptibles que les non-innovateurs de signaler des entraves liées au cadre institutionnel et en matière d'information. Ce qui est cependant le plus important, c'est que la combinaison de la qualité d'utilisateur des technologies de pointe et de celle d'innovateur est énormément liée à toutes les entraves. Les entreprises qui aujourd'hui utilisent des technologies de pointe et qui déclarent un programme actif d'innovations règlent des problèmes technologiques plus complexes, plus étendus. Le fait que ce groupe soit le plus susceptible de signaler des entraves sur tous les plans donne du poids à notre hypothèse voulant que les entraves se concrétisent au fur et à mesure qu'une entreprise met en œuvre une stratégie complexe d'innovation.

L'intensité d'utilisation des technologies de pointe peut avoir des conséquences assez étendues. Par exemple, toutes choses étant égales par ailleurs (en les évaluant à leur valeur moyenne), nous estimons la probabilité pour une usine qui utilise 10 technologies ou plus de signaler des problèmes liés aux coûts à 89 %, comparativement à 66 % pour celles qui n'en utilisent pas (voir le tableau 7), une augmentation de plus de 20 points de pourcentage. Dans le cas des problèmes liés au cadre institutionnel, cette probabilité augmente de 14 % à 29 %. En comparaison, le fait de passer du statut d'entreprise non innovatrice à celui d'entreprise innovatrice accroît la probabilité de faire face à des entraves liées au cadre institutionnel de 13 % à 17 %. La probabilité de signaler des entraves en matière de main-d'œuvre s'accroît d'environ 15 points de pourcentage entre les non-utilisateurs et les utilisateurs de 10 technologies ou plus et la probabilité de signaler des entraves en matière d'information diffère entre ces non-utilisateurs et ces utilisateurs de 7 points de pourcentage. Enfin, la probabilité de signaler des entraves en matière d'information diffère de 8 points de pourcentage entre les non-innovateurs et les innovateurs.

Ces résultats montrent ensuite une certaine identité, mais également que les déterminants des entraves varient d'un groupe à un autre. C'est le cas pour la plupart des autres variables.

Les autres caractéristiques importantes d'une usine qui ont des conséquences sur plusieurs plans incluent l'intensité de la concurrence à laquelle l'usine est confrontée et l'âge de l'entreprise qui la possède. Plus une entreprise fait face à de concurrents, plus elle risque en particulier d'être confrontée à des problèmes liés aux coûts, en matière de main-d'œuvre et en matière d'information. La probabilité d'enregistrer des problèmes liés aux coûts est de 10 points de pourcentage plus élevée pour les entreprises qui font face à 20 concurrents et plus que pour celles confrontées à 5 concurrents ou moins (75 % contre 65 %). La différence est de 8 et de 5 points de pourcentage pour les problèmes en matière de main-d'œuvre et pour les problèmes en matière d'information, ce qui confirme notre hypothèse voulant que la concurrence ait des conséquences parce qu'elle engendre plus de compétences techniques.

On observe aussi d'importantes différences entre les régions au niveau des conséquences, différences qui sont en accord avec notre hypothèse sur l'intensité d'utilisation des technologies de pointe. Les entreprises du Canada atlantique et du Québec signalent énormément moins de problèmes liés aux coûts et en matière de main-d'œuvre comme on s'y attendait, compte tenu de l'utilisation plus faible par ces entreprises des technologies de pointe. Il y a une différence d'environ 10 points de pourcentage entre les entreprises situées au Canada atlantique et celles situées en Ontario pour ce qui est des entraves liées aux coûts.

Les usines plus jeunes sont aussi davantage susceptibles d'enregistrer des problèmes liés aux coûts, liés au cadre institutionnel et en matière de main-d'œuvre. Quelque 77 % des usines nées après 1984 sont confrontées à des problèmes liés aux coûts, comparativement à 64 % de celles nées avant 1975. La différence dans le cas des jeunes entreprises, par rapport aux entreprises âgées, est de 10 points de pourcentage (26 % contre 16 %) au niveau des problèmes en matière de main-d'œuvre et de 7 points de pourcentage (18 % contre 11 %) au niveau des problèmes en matière d'information. Étant donné que les usines plus jeunes sont davantage susceptibles d'utiliser des technologies de pointe, la relation positive entre les jeunes usines et les entraves est aussi en accord avec l'hypothèse que nous soutenons.

La syndicalisation accroît énormément la probabilité d'entraves en matière de main-d'œuvre et d'entraves organisationnelles. Une usine qui déclare que ses employés sont couverts par une convention collective accroît sa probabilité de signaler des entraves à chacun de ces niveaux d'environ 3 à 5 points de pourcentage, ce qui représente cependant une conséquence relativement peu importante comparativement à la plupart des autres variables.

La croissance a des conséquences prévues sur les problèmes en matière de main-d'œuvre. Les usines qui se développent plus rapidement sont davantage susceptibles de signaler plus de problèmes en matière de main-d'œuvre. La différence entre la catégorie d'usines qui se développent le plus lentement et celle des usines qui se développent le plus rapidement est peu marquée (6 points de pourcentage). Le secteur innovateur à l'intérieur duquel une usine se trouve est une autre variable qui a peu de répercussions sur les entraves. Peu de choses distinguent, par conséquent, les secteurs qui produisent des innovations des secteurs qui utilisent des innovations sur le plan des entraves auxquelles ils sont confrontés.

La nationalité du ou des propriétaires d'une usine n'a généralement pas de conséquences importantes sur la probabilité pour cette usine de signaler une entrave, sauf sur le plan de la circulation de l'information. Même à ce niveau, les conséquences en sont relativement limitées, de seulement 4 points de pourcentage.

Comment les différentes catégories d'entraves se comparent-elles? L'utilisation des technologies de pointe, la région, la concurrence, l'âge et la croissance importent dans le cas des entraves liées aux coûts. Les problèmes liés au cadre institutionnel risquent d'être plus marqués lorsqu'une entreprise utilise plusieurs technologies de pointe, mène des activités innovatrices, est située en Ontario, fait partie du secteur innovateur central, a plus de concurrents et est plus jeune.

Comparativement aux problèmes liés aux coûts, l'innovation importe davantage lorsque les entreprises évaluent si les programmes gouvernementaux (la déduction pour amortissement, l'aide à la R-D et la réglementation) créent des entraves.

Dans le cas des problèmes en matière de main-d'œuvre, la tendance générale qui a été observée pour les problèmes liés aux coûts et au cadre institutionnel tient. L'utilisation des technologies de pointe est importante, comme le sont la concurrence, l'âge et la région. Plus une entreprise est jeune, plus la probabilité pour elle d'enregistrer des problèmes en matière de main-d'œuvre est élevée (cette probabilité est de 26 % pour les entreprises nées depuis 1985, de 21 % pour celles nées entre 1975 et 1984 et de 16 % pour celles nées avant 1975). De la même façon, les entreprises qui se développent plus rapidement sont davantage susceptibles d'enregistrer des problèmes en matière de main-d'œuvre (la probabilité à ce niveau est de 24 % pour celles qui enregistrent une croissance allant de moyenne à élevée, comparativement à 18 % pour celles qui enregistrent une faible croissance ou une croissance négative). Encore une fois, on observe des différences marquées entre les régions. La probabilité pour les établissements situés au Canada atlantique et au Québec d'enregistrer des problèmes en matière de main-d'œuvre est de 18 % et de 14 % respectivement, comparativement à 26 % pour celles situées dans le reste du pays. Par opposition aux problèmes liés aux coûts et au cadre institutionnel, la syndicalisation a des conséquences importantes au niveau des problèmes en matière de main-d'œuvre.

Il y a moins de déterminants importants dans le cas des problèmes liés à la structure organisationnelle que dans celui des problèmes liés aux coûts, au cadre institutionnel ou en matière de main-d'œuvre. La région, la concurrence et l'âge importent à ce niveau comme ailleurs, mais l'utilisation des technologies de pointe a moins de conséquences. L'innovation combinée à l'utilisation de ces technologies devient importante, ce qui laisse entendre que les problèmes organisationnels sont plus importants dans les entreprises qui ont adopté une technologie de pointe ou une stratégie d'innovation complexe ou les deux. La taille est plus importante sur ce plan qu'elle l'était pour les autres catégories; ce sont cependant les usines de taille moyenne, non pas les plus grandes, qui sont davantage susceptibles de signaler des entraves. La syndicalisation accroît les entraves organisationnelles, dont l'une est la résistance des travailleurs au changement.

Les variables communes que sont l'utilisation des technologies, la concurrence et l'âge caractérisent également les problèmes en matière d'information. L'innovation elle-même est cependant importante sur ce plan et également lorsqu'elle se combine à l'utilisation des technologies. (Voir le tableau A3.) Les usines appartenant à des intérêts canadiens font face à énormément plus d'entraves en matière d'information, ce qui n'est pas le cas au niveau des autres catégories de problèmes, un élément aussi unique dans le cas de cette catégorie.

En résumé, bien qu'il existe un ensemble commun de facteurs ayant énormément de conséquences sur la probabilité pour une entreprise de signaler des entraves, nous observons à ce niveau des différences importantes. Les problèmes liés aux coûts sont positivement surtout associés à l'intensité d'utilisation des technologies, à l'intensité de la concurrence et aux entreprises plus jeunes. Les problèmes liés au cadre institutionnel sont plus communs chez les innovateurs et dans les établissements plus jeunes. Les différences entre les régions associées à la probabilité réelle de signaler une entrave sont également assez frappantes au niveau des problèmes liés au cadre institutionnel. Les problèmes en matière de main-d'œuvre sont plus graves dans les entreprises qui utilisent abondamment des technologies de pointe, dans les entreprises qui font face à une concurrence plus intensive, dans les établissements plus jeunes et dans ceux qui enregistrent une croissance plus élevée. Les problèmes liés à la structure organisationnelle sont plus caractéristiques des gros établissements, plus âgés et syndiqués. Les problèmes en matière d'information sont plus typiques chez les usagers des technologies de pointe, chez les innovateurs, dans les jeunes entreprises et dans les établissements appartenant à des intérêts canadiens.

Tableau 5. Définition des variables et statistiques relatives à l'échantillon

Variable	Définition	Moyenne	Écart-type
Problèmes liés aux coûts	= 1 si un problème lié au coût est signalé	0,6848	0,4647
Problèmes liés au cadre institutionnel	= 1 si un problème lié au cadre institutionnel est signalé	0,1644	0,3707
Problèmes en matière de main-d'œuvre	= 1 si un problème en matière de main-d'œuvre est signalé	0,2883	0,4531
Problèmes liés à la structure organisationnelle	= 1 si un problème lié à la structure organisationnelle est signalé	0,2095	0,4071
Problèmes en matière d'information	= 1 si un problème en matière d'information est signalé	0,1598	0,3665
Utilisateur	= 1 si une technologie est utilisée	0,3886	0,4876
Utilisation des technologies	= Nombre total de technologies utilisées	1,5936	2,8457
Nombre de technologies utilisées :			
1 à 4	= 1 si 1 à 4 technologies sont utilisées	0,2509	0,4337
5 à 9	= 1 si 5 à 9 technologies sont utilisées	0,1047	0,3062
10 et plus	= 1 si 10 technologies et plus sont utilisées	0,0330	0,1786
Utilisation d'une technologie fonctionnelle :			
Technologie de CI	= 1 si une technologie de conception et d'ingénierie est utilisée	0,2734	0,4458
Technologie de FM	= 1 si une technologie de fabrication et de montage est utilisée	0,1855	0,3888
Technologie de MAM	= 1 si une technologie de manutention automatisée des matériaux est utilisée	0,0313	0,1741
Technologie d'IC	= 1 si une technologie d'inspection et de communication est utilisée	0,2174	0,4126
Innovateur	= 1 si une activité d'innovation est introduite	0,3804	0,4856
Région :			
Atlantique	= 1 si au Canada atlantique	0,0487	0,2153
Québec	= 1 si au Québec	0,3182	0,4659
Ontario	= 1 si en Ontario	0,3958	0,4892
Prairies	= 1 si dans les provinces des Prairies	0,1522	0,3593
Colombie-Britannique	= 1 si en Colombie-Britannique	0,0851	0,2792
Secteur industriel :			
Innovateur central	= 1 si l'une des industries innovatrices centrales	0,1554	0,3624
Innovateur secondaire	= 1 si l'une des industries innovatrices secondaires	0,3080	0,4618
Innovateur autre	= 1 si l'une des autres industries innovatrices	0,5366	0,4988
Nombre de concurrents :			
0 à 5	= 1 si 5 concurrents ou moins	0,2841	0,4511
6 à 19	= 1 si 6 à 19 concurrents	0,3042	0,4602
20 et plus	= 1 si 20 concurrents et plus	0,4117	0,4923
Année de naissance :			
Avant 1975	= 1 si avant 1975	0,2918	0,4547
Entre 1975 et 1984	= 1 si entre 1975 et 1984	0,2908	0,4543
Après 1984	= 1 si après 1984	0,4174	0,4933
Modèles de croissance de la production :			
Faible	= 1 si enregistre une faible croissance des livraisons	0,3507	0,4773
Moyenne	= 1 si enregistre une croissance moyenne des livraisons	0,4239	0,4943
Élevée	= 1 si enregistre une croissance élevée des livraisons	0,1987	0,3991
Canada	= 1 si appartient à des Canadiens	0,8798	0,3252
Nombres d'employés :			
1 à 19	= 1 si 1 à 19 employés	0,5177	0,4998
20 à 99	= 1 si 20 à 99 employés	0,3446	0,4754
100 à 499	= 1 si 100 à 499 employés	0,1204	0,3256
500 et plus	= 1 si 500 employés et plus	0,0172	0,1301
Syndicat	= 1 si les employés sont syndiqués	0,2917	0,4547
Nombre d'observations		1 936	

Nota : Les statistiques relatives à l'échantillon sont pondérées selon les établissements.

Tableau 6. Résultats des régressions logistiques relatifs au signalement des entraves à l'adoption des technologies de pointe

Variable indépendante	Var. dép. = problèmes liés aux coûts		Var. dép. = problèmes liés au cadre institutionnel		Var. dép. = problèmes en matière de main-d'œuvre		Var. dép. = problèmes liés à la structure organisationnelle		Var. dép. = problèmes en matière d'information	
	(1)		(2)		(3)		(4)		(5)	
	Coefficient	Ratio de t	Coefficient	Ratio de t	Coefficient	Ratio de t	Coefficient	Ratio de t	Coefficient	Ratio de t
1 à 4 technologies	0,6320	4,80	-0,1897	-1,16	0,1665	1,30	0,2015	1,43	0,0610	0,37
5 à 9 technologies	0,5623	2,84	0,0731	0,32	0,2337	1,27	0,2209	1,10	0,6219	2,95
10 technologies et plus	1,3727	3,22	0,9125	2,62	0,7218	2,38	0,4455	1,40	0,5691	1,66
Innovateur	0,1558	1,30	0,3297	2,25	0,1555	1,30	0,0813	0,62	0,6460	4,38
Atlantique	-0,5790	-2,50	-1,2703	-3,18	-0,5121	-1,96	-0,6865	-2,09	0,3317	1,11
Québec	-0,2243	-1,79	-1,0762	-6,35	-0,7705	-5,71	-0,1232	-0,87	0,0919	0,57
Prairies	0,1437	0,90	-0,5582	-2,88	-0,0762	-0,50	0,0903	0,53	0,4510	2,43
Colombie-Britannique	0,0175	0,09	-0,2143	-0,96	0,0890	0,48	-0,3519	-1,52	-0,1640	-0,63
Secteur central	0,0061	0,04	-0,3420	-1,69	0,1179	0,75	-0,1585	-0,92	0,2859	1,56
Secteur secondaire	-0,1780	-1,54	-0,0622	-0,43	0,1095	0,92	-0,2655	-1,97	0,0276	0,18
6 à 19 concurrents	0,3797	2,89	0,4303	2,53	0,2288	1,62	0,1603	1,04	0,3961	2,27
20 concurrents et plus	0,4832	3,88	0,1729	1,05	0,4489	3,38	0,2898	1,98	0,4292	2,56
Naissance entre 1975 et 1984	0,3280	2,33	-0,0453	-0,23	0,3492	2,29	0,2916	1,81	-0,0516	-0,27
Naissance après 1984	0,6805	4,91	0,5428	3,05	0,6056	4,09	0,1719	1,08	0,5053	2,88
Croissance moyenne	0,0164	0,14	0,2961	2,05	0,3366	2,76	0,0666	0,49	-0,1068	-0,71
Croissance élevée	-0,2579	-1,46	0,0592	0,26	0,3447	1,96	0,1733	0,93	0,1237	0,59
Appartenant à des intérêts canadiens	0,2579	1,42	-0,0045	-0,02	0,1148	0,65	-0,1523	-0,83	0,3817	1,73
20 à 99 employés	-0,1002	-0,75	-0,4053	-2,42	-0,0588	-0,43	0,1328	0,88	-0,0792	-0,46
100 à 499 employés	0,6225	2,54	-0,4448	-1,50	0,3909	1,71	0,5630	2,32	0,0390	0,14
500 employés et plus	0,5948	1,08	-1,3722	-2,09	0,3599	0,80	0,5632	1,22	-0,2321	-0,44
Syndicat	0,1007	0,80	0,1977	1,27	0,2094	1,65	0,2975	2,19	0,1334	0,86
Constante	-0,3147	-1,29	-1,6852	-5,40	-1,9094	-7,47	-1,7711	-6,60	-3,0828	-9,60
Statistiques sommaires :										
N	1 936		1 936		1 936		1 936		1 936	
n (variable dépendante = 1)	1326		318		558		406		309	
Fonction LL	-1 147,3		-814,8		-1 106,5		-961,4		-810,0	
χ^2	118,5		100,6		112,6		64,6		81,2	
Justesse des prévisions en %	70,3		83,6		71,6		79,0		84,2	

Nota : Les groupes de référence sont des entreprises n'utilisant aucune technologie de pointe, ne menant pas d'activité innovatrice, situées en Ontario, faisant partie du secteur industriel « autre », confrontées à cinq concurrents ou moins, nées avant 1975, enregistrant une faible croissance de leur production, appartenant à des étrangers, ayant 1 à 19 employés et dont les employés ne sont pas syndiqués. Les valeurs critiques pour la statistique t sont 2,58 pour un test bilatéral de 1 %, 1,96 pour un test bilatéral de 5 % et 1,65 pour un test bilatéral de 10 %.

Tableau 7. Estimation de la probabilité d'enregistrer des entraves à l'adoption des technologies de pointe

	Problèmes liés aux coûts (1)	Problèmes liés au cadre institutionnel (2)	Problèmes en matière de main-d'œuvre (3)	Problèmes liés à la structure organisationnelle (4)	Problèmes en matière d'information (5)
	Pourcentage				
Nombre de technologies utilisées :					
0	66,1	14,4	21,1	17,8	12,7
1 à 4	78,6	14,4	21,1	17,8	12,7
5 à 9	77,4	14,4	21,1	17,8	21,4
10 et plus	88,5	29,5	35,5	17,8	20,5
Innovateur	71,7	17,5	21,5	17,8	19,1
Non-innovateur	71,7	13,3	21,5	17,8	11,0
Région :					
Atlantique	61,1	7,4	17,7	10,2	12,9
Québec	69,2	8,8	14,2	18,3	12,9
Ontario	73,7	22,0	26,4	18,3	12,9
Prairies	73,7	13,9	26,4	18,3	18,9
Colombie-Britannique	73,7	22,0	26,4	18,3	12,9
Secteur industriel :					
Innovateur central	71,7	11,5	21,5	19,1	13,7
Innovateur secondaire	71,7	15,5	21,5	15,3	13,7
Autre	71,7	15,5	21,5	19,1	13,7
Nombre de concurrents :					
5 ou moins	65,0	13,2	18,5	16,2	10,5
6 à 19	73,1	19,0	18,5	16,2	14,9
20 et plus	75,0	13,2	26,2	20,5	15,3
Année de naissance :					
Avant 1975	63,5	12,1	16,1	16,6	11,4
Entre 1975 et 1984	70,7	12,1	21,4	21,1	11,4
Après 1984	77,4	19,2	26,0	16,6	17,6
Modèles de croissance de la production :					
Faible	71,7	13,3	18,1	17,8	13,7
Moyenne	71,7	17,1	23,7	17,8	13,7
Élevée	71,7	13,3	23,8	17,8	13,7
Appartenant à des intérêts canadiens	71,7	14,8	21,5	17,8	14,2
Appartenant à des intérêts étrangers	71,7	14,8	21,5	17,8	10,2
Nombre d'employés :					
1 à 19	70,2	17,0	20,7	16,9	13,7
20 à 99	70,2	12,0	20,7	16,9	13,7
100 à 499	81,4	17,0	27,8	26,3	13,7
500 et plus	70,2	4,9	20,7	16,9	13,7
Syndicat	71,7	14,8	24,1	21,1	13,7
Sans syndicat	71,7	14,8	20,5	16,6	13,7

Nota : On calcule les probabilités en fixant des coefficients peu différents de zéro à 10 % à zéro et on les évalue aux valeurs moyennes de l'échantillon. Dans le cas des variables fictives, cela se fait en utilisant la somme du coefficient non pondéré de la variable et des coefficients pondérés des autres groupes de variables fictives, où la pondération est la part de la variable correspondante dans l'échantillon.

4. Conclusion

Le présent document a porté sur un examen de différents problèmes auxquels les entreprises du secteur canadien de la fabrication sont confrontées lorsqu'elles adoptent des technologies de pointe. Même si elle est extrêmement importante, l'utilisation des technologies de pointe n'est pas répandue dans les usines. Cela s'explique notamment par le fait que les technologies de pointe offrent une vaste gamme d'avantages, mais que les usines sont également confrontées à une série d'entraves qui les empêchent d'adopter ces technologies. Il y a *grosso modo* cinq catégories de problèmes auxquels font face les entreprises : les problèmes liés aux coûts, les problèmes liés au cadre institutionnel, les problèmes en matière de main-d'œuvre, les problèmes liés à la structure organisationnelle et les problèmes en matière d'information.

Les problèmes liés aux coûts incluent le coût du capital, le coût d'acquisition des technologies, le coût d'acquisition du matériel connexe, le coût de mise au point des logiciels s'y rattachant et la hausse des dépenses d'entretien. Les problèmes liés au cadre institutionnel découlent des pratiques fiscales englobant les investissements dans la R-D, les crédits d'impôt et les déductions pour amortissement et de la réglementation et des normes gouvernementales. Les problèmes en matière de main-d'œuvre découlent d'une pénurie de compétences, des difficultés relatives à la formation et des conventions collectives. Les problèmes liés à la structure organisationnelle sont associés aux difficultés de mise en œuvre de changements à la structure d'une entreprise nécessaires pour ingérer de nouvelles technologies, à la mauvaise attitude de la direction et à la résistance des travailleurs. Les problèmes en matière d'information découlent d'un manque d'information scientifique et technique, de services technologiques et de soutien technique de la part des vendeurs.

Sauf de rares exceptions, on constate que le pourcentage des usines ayant signalé des entraves est nettement et constamment plus élevé chez les utilisateurs que chez les non-utilisateurs des technologies de pointe et que l'utilisation de ces dernières est plus fréquente dans les entreprises qui innovent que dans celles qui n'introduisent pas d'innovation. Cela laisse entendre que les entraves surviennent durant le processus d'innovation, puisque les entreprises apprennent par la pratique. Les utilisateurs sont confrontés à l'intérieur du processus d'adoption de nouvelles technologies à différents problèmes et doivent les surmonter. Les non-utilisateurs peuvent avoir une idée générale de l'importance des diverses entraves, mais sont incapables de se rendre compte de leur gravité avant d'y faire face. On ne peut facilement déterminer *ex ante* l'ampleur de certains de ces problèmes, qui sont d'une nature très complexe.

L'analyse de régression confirme que bien des entraves sont liées à des variables qui saisissent la complexité technologique des entreprises (l'incidence ou l'intensité d'utilisation des technologies de pointe et les compétences des innovateurs). Ces entraves sont cependant aussi positivement associées à bien des caractéristiques d'une usine mises en corrélation avec des compétences technologiques. Ces faits prouvent l'un et l'autre l'idée qu'on apprend à connaître les entraves. Ces dernières peuvent être des barrières, mais il y a des barrières qui n'arrêtent pas l'innovation ni l'adoption de nouvelles technologies. Ce sont des obstacles qu'on surmonte au fur et à mesure de l'introduction d'une technologie dans une usine. Cela confirme les résultats de recherches connexes ayant porté sur un examen des différences entre des entreprises innovatrices et non

innovatrices dans le secteur des services (Gellatly et Peters, 1999).

Cette perception influence la façon dont nous devrions interpréter les entraves dont les enquêtes sur les technologies de pointe et l'innovation fournissent un aperçu. Il ne faudrait pas les interpréter comme des barrières infranchissables qui empêchent d'adopter des technologies de pointe. Ces problèmes existent sans aucun doute, mais ce n'est pas ce que nous mesurons actuellement dans le cadre des enquêtes susmentionnées. Ces dernières ont plutôt indiqué le plan sur lequel les entreprises qui connaissent le succès font face à des problèmes et les règlent. Elles servent à ce titre de guides quant aux plans sur lesquels ces problèmes risquent d'être plus intenses, bien que nous devions nous montrer prudents à ce niveau dans notre interprétation parce que nous n'avons pas de mesure monétaire; seule la fréquence des entraves nous a été signalée.

Il vaut aussi la peine de noter que la nature des problèmes auxquels on doit s'attaquer diffère entre les divers acteurs concernés. Les problèmes liés aux coûts sont plus marqués lorsque la concurrence est plus forte et que les établissements sont plus jeunes. Les problèmes liés au cadre institutionnel sont plus communs chez les innovateurs et dans les établissements plus jeunes. Les problèmes en matière de main-d'œuvre sont plus graves dans les entreprises qui utilisent abondamment les technologies de pointe, dans les entreprises qui sont confrontées à une concurrence plus intense, dans les établissements plus jeunes et dans ceux qui enregistrent une croissance plus élevée. Les problèmes liés à la structure organisationnelle sont plus probables dans les plus vieux établissements, de taille moyenne et syndiqués. Les problèmes en matière d'information sont plus typiques chez les usagers des technologies de pointe, chez les innovateurs, dans les jeunes entreprises et dans les établissements appartenant à des intérêts canadiens. Nous observons aussi des différences entre les régions dans tous ces groupes d'entraves. Les usines situées dans les régions plus technologiquement avancées font face à plus d'entraves.

Annexe

Tableau A1. Résultats des régressions logistiques relatifs au signalement des entraves à l'adoption des technologies de pointe (utilisation ou non des technologies)

Variable indépendante	Var. dép. = Problèmes liés aux coûts		Var. dép. = Problèmes liés au cadre institutionnel		Var. dép. = Problèmes en matière de main-d'œuvre		Var. dép. = Problèmes liés à la structure organisationnelle		Var. dép. = Problèmes en matière d'information	
	(1)		(2)		(3)		(4)		(5)	
	Coefficient	Ratio de t	Coefficient	Ratio de t	Coefficient	Ratio de t	Coefficient	Ratio de t	Coefficient	Ratio de t
Utilisateur	0,6467	5,33	-0,0581	-0,40	0,2110	1,78	0,2193	1,68	0,2325	1,59
Innovateur	0,1604	1,35	0,3620	2,49	0,1700	1,43	0,0871	0,66	0,6778	4,64
Atlantique	-0,5789	-2,50	-1,2743	-3,19	-0,5129	-1,97	-0,6863	-2,10	0,3170	1,06
Québec	-0,2230	-1,78	-1,0575	-6,27	-0,7666	-5,69	-0,1231	-0,87	0,0879	0,54
Prairies	0,1417	0,89	-0,5549	-2,87	-0,0786	-0,51	0,0882	0,52	0,4510	2,44
Colombie-Britannique	0,0100	0,05	-0,2393	-1,08	0,0770	0,41	-0,3582	-1,55	-0,1802	-0,69
Secteur central	0,0154	0,10	-0,2974	-1,48	0,1368	0,88	-0,1491	-0,87	0,2994	1,65
Secteur secondaire	-0,1761	-1,52	-0,0606	-0,42	0,1130	0,95	-0,2637	-1,96	0,0280	0,19
6 à 19 concurrents	0,3869	2,95	0,4232	2,50	0,2321	1,65	0,1625	1,05	0,3644	2,10
20 concurrents et plus	0,4847	3,90	0,1775	1,08	0,4525	3,41	0,2910	1,99	0,4217	2,52
Naissance entre 1975 et 1984	0,3312	2,35	-0,0393	-0,20	0,3523	2,31	0,2935	1,82	-0,0623	-0,33
Naissance après 1984	0,6821	4,93	0,5509	3,10	0,6087	4,12	0,1740	1,09	0,5178	2,96
Croissance moyenne	0,0131	0,11	0,2993	2,07	0,3358	2,75	0,0654	0,48	-0,0927	-0,62
Croissance élevée	-0,2622	-1,49	0,0700	0,31	0,3439	1,96	0,1721	0,93	0,1364	0,65
Appartenant à des intérêts canadiens	0,2564	1,42	-0,0327	-0,15	0,1038	0,59	-0,1558	-0,85	0,3461	1,58
20 à 99 employés	-0,1083	-0,82	-0,4148	-2,48	-0,0669	-0,49	0,1289	0,85	-0,0673	-0,40
100 à 499 employés	0,6353	2,61	-0,3596	-1,23	0,4199	1,85	0,5744	2,39	0,1421	0,52
500 employés et plus	0,9132	1,76	-0,7438	-1,21	0,6348	1,50	0,6824	1,57	0,0398	0,08
Syndicat	0,1003	0,80	0,1915	1,23	0,2067	1,63	0,2960	2,18	0,1299	0,84
Constante	-0,3161	-1,29	-1,6838	-5,42	-1,9092	-7,49	-1,7714	-6,60	-3,0645	-9,59
Statistiques sommaires :										
N	1 936		1 936		1 936		1 936		1 936	
n (variable dépendante = 1)	1 326		318		558		406		309	
Fonction LL	-1 149,2		-819,4		-1 108,1		-961,7		-813,7	
χ^2	114,6		91,4		109,2		64,0		73,7	
Justesse des prévisions en %	70,3		83,6		71,0		79,0		84,0	

Nota : Les groupes de référence sont des non-utilisateurs, ne menant pas d'activité innovatrice, situés en Ontario, faisant partie du secteur industriel « autre », confrontés à 5 concurrents ou moins, nés avant 1975, enregistrant une faible croissance de leur production, appartenant à des étrangers, ayant 1 à 19 employés et dont les employés ne sont pas syndiqués.

Tableau A2. Résultats des régressions logistiques relatifs au signalement des entraves à l'adoption des technologies de pointe (nombre total de technologies utilisées)

Variable indépendante	Var. dép. = Problèmes liés aux coûts		Var. dép. = Problèmes liés au cadre institutionnel		Var. dép. = Problèmes en matière de main-d'œuvre		Var. dép. = Problèmes liés à la structure organisationnelle		Var. dép. = Problèmes en matière d'information	
	(1)		(2)		(3)		(4)		(5)	
	Coefficient	Ratio de t	Coefficient	Ratio de t	Coefficient	Ratio de t	Coefficient	Ratio de t	Coefficient	Ratio de t
Utilisation des technologies	0,0991	3,95	0,0511	2,00	0,0574	2,74	0,0259	1,15	0,0569	2,37
Innovateur	0,1736	1,46	0,2899	1,98	0,1419	1,18	0,0981	0,74	0,6557	4,48
Atlantique	-0,5833	-2,53	-1,2500	-3,13	-0,5054	-1,94	-0,6899	-2,11	0,3243	1,09
Québec	-0,2543	-2,04	-1,0402	-6,19	-0,7712	-5,73	-0,1340	-0,95	0,0849	0,53
Prairies	0,1271	0,80	-0,5431	-2,81	-0,0756	-0,49	0,0849	0,50	0,4549	2,46
Colombie-Britannique	0,0161	0,08	-0,2048	-0,92	0,0992	0,53	-0,3541	-1,53	-0,1596	-0,61
Secteur central	0,0485	0,31	-0,3310	-1,64	0,1273	0,81	-0,1408	-0,82	0,2952	1,62
Secteur secondaire	-0,1662	-1,44	-0,0665	-0,46	0,1105	0,93	-0,2606	-1,94	0,0280	0,19
6 à 19 concurrents	0,3915	2,99	0,4410	2,60	0,2420	1,72	0,1638	1,06	0,3745	2,16
20 concurrents et plus	0,4825	3,89	0,1799	1,09	0,4517	3,40	0,2914	1,99	0,4228	2,53
Naissance entre 1975 et 1984	0,3504	2,49	-0,0547	-0,28	0,3541	2,32	0,2986	1,86	-0,0612	-0,32
Naissance après 1984	0,6747	4,89	0,5364	3,02	0,6023	4,07	0,1727	1,09	0,5131	2,93
Croissance moyenne	0,0196	0,17	0,2899	2,01	0,3359	2,76	0,0693	0,51	-0,0928	-0,62
Croissance élevée	-0,2597	-1,48	0,0501	0,22	0,3378	1,92	0,1720	0,93	0,1296	0,62
Appartenant à des intérêts canadiens	0,2708	1,50	-0,0016	-0,01	0,1291	0,73	-0,1511	-0,82	0,3711	1,69
20 à 99 employés	-0,0622	-0,47	-0,4563	-2,74	-0,0669	-0,49	0,1503	1,00	-0,0615	-0,36
100 à 499 employés	0,6453	2,64	-0,5222	-1,76	0,3510	1,53	0,5915	2,44	0,0736	0,27
500 employés et plus	0,5816	1,08	-1,1545	-1,80	0,3359	0,75	0,6132	1,34	-0,2496	-0,47
Syndicat	0,1196	0,95	0,1757	1,13	0,2100	1,66	0,3063	2,27	0,1372	0,89
Constante	-0,2627	-1,08	-1,7393	-5,60	-1,9170	-7,51	-1,7468	-6,53	-3,0732	-9,60
Statistiques sommaires :										
N	1 936		1 936		1 936		1 936		1 936	
n (variable dépendante = 1)	1 326		318		558		406		309	
Fonction LL	-1 155,4		-817,6		-1 106,0		-962,4		-812,3	
χ^2	102,3		95,2		113,5		62,5		76,7	
Justesse des prévisions en %	69,9		83,6		71,7		79,0		84,0	

Nota : Les groupes de référence sont des entreprises ne menant pas d'activité innovatrice, situées en Ontario, faisant partie du secteur industriel « autre », confrontées à 5 concurrents ou moins, nées avant 1975, enregistrant une faible croissance de leur production, appartenant à des étrangers, ayant 1 à 19 employés et dont les employés ne sont pas syndiqués.

Tableau A3. Résultats des régressions logistiques relatifs au signalement des entraves à l'adoption des technologies de pointe (interaction entre l'utilisation des technologies et l'innovation)

Variable indépendante	Var. dép. = Problèmes liés aux coûts		Var. dép. = Problèmes liés au cadre institutionnel		Var. dép. = Problèmes en matière de main-d'œuvre		Var. dép. = Problèmes liés à la structure organisationnelle		Var. dép. = Problèmes en matière d'information	
	(1)		(2)		(3)		(4)		(5)	
	Coefficient	Ratio de t	Coefficient	Ratio de t	Coefficient	Ratio de t	Coefficient	Ratio de t	Coefficient	Ratio de t
Non-utilisateur – innovateur	0,1910	1,28	0,2556	1,35	0,3084	1,94	0,1190	0,66	0,6908	3,59
Utilisateur – innovateur	0,7936	4,99	0,3299	1,78	0,3543	2,30	0,3019	1,80	0,9094	4,88
Utilisateur – non-innovateur	0,6811	4,29	-0,1794	-0,89	0,3400	2,21	0,2478	1,45	0,2473	1,20
Atlantique	-0,5792	-2,50	-1,2748	-3,19	-0,5133	-1,97	-0,6865	-2,10	0,3171	1,06
Québec	-0,2204	-1,76	-1,0684	-6,32	-0,7552	-5,59	-0,1208	-0,85	0,0891	0,55
Prairies	0,1413	0,88	-0,5542	-2,87	-0,0795	-0,52	0,0878	0,51	0,4508	2,44
Colombie-Britannique	0,0084	0,04	-0,2278	-1,02	0,0679	0,36	-0,3604	-1,56	-0,1813	-0,70
Secteur central	0,0161	0,10	-0,2964	-1,47	0,1378	0,88	-0,1490	-0,87	0,2993	1,65
Secteur secondaire	-0,1754	-1,51	-0,0620	-0,43	0,1159	0,97	-0,2635	-1,96	0,0283	0,19
6 à 19 concurrents	0,3882	2,96	0,4217	2,49	0,2367	1,68	0,1636	1,06	0,3650	2,10
20 concurrents et plus	0,4844	3,89	0,1819	1,10	0,4502	3,39	0,2906	1,99	0,4215	2,52
Naissance entre 1975 et 1984	0,3304	2,34	-0,0400	-0,21	0,3516	2,31	0,2930	1,82	-0,0624	-0,33
Naissance après 1984	0,6842	4,93	0,5412	3,04	0,6190	4,18	0,1763	1,11	0,5189	2,96
Croissance moyenne	0,0132	0,11	0,3003	2,08	0,3363	2,76	0,0659	0,48	-0,0926	-0,62
Croissance élevée	-0,2601	-1,48	0,0642	0,28	0,3502	1,99	0,1738	0,93	0,1370	0,65
Appartenant à des intérêts canadiens	0,2548	1,41	-0,0298	-0,14	0,1005	0,57	-0,1565	-0,85	0,3458	1,58
20 à 99 employés	-0,1105	-0,83	-0,4095	-2,44	-0,0760	-0,55	0,1266	0,84	-0,0681	-0,40
100 à 499 employés	0,6356	2,62	-0,3674	-1,25	0,4254	1,88	0,5748	2,39	0,1428	0,52
500 employés et plus	0,9253	1,78	-0,7846	-1,27	0,6773	1,60	0,6906	1,59	0,0434	0,09
Syndicat	0,1015	0,80	0,1840	1,18	0,2128	1,68	0,2971	2,19	0,1303	0,84
Constante	-0,3239	-1,32	-1,6501	-5,29	-1,9528	-7,59	-1,7811	-6,57	-3,0695	-9,49
Statistiques sommaires :										
N	1 936		1 936		1 936		1 936		1 936	
n (variable dépendante = 1)	1 326		318		558		406		309	
Fonction LL	-1 149,2		-819,0		-1 107,3		-961,7		-813,7	
χ^2	114,8		92,2		110,9		64,1		73,8	
Justesse des prévisions en %	70,4		83,6		71,4		79,1		84,0	

Nota : Les groupes de référence sont des non-utilisateurs – non-innovateurs, situés en Ontario, faisant partie du secteur industriel « autre », confrontés à 5 concurrents ou moins, nés avant 1975, enregistrant une faible croissance de leur production, appartenant à des étrangers, ayant 1 à 19 employés et dont les employés ne sont pas syndiqués.

Bibliographie

Arundel, A. 1997. "Enterprise Strategies and Barriers to Innovation." Dans *Innovation Measurement and Policies*. Sous la direction de A. Arundel et R. Garrelfs (dir.) European Commission, EIMS publication 50, p. 101-108.

Australian Bureau of Statistics. 1989. *Manufacturing Technology Statistics*. N° 81230 au catalogue. Canberra.

Baldwin, J.R. 1996. "Innovation: The Key to Success in Small Firms." Dans *Evolutionary Economics and the New International Political Economy*. Publié sous la direction de J. de la Mothe et de G. Paquette. Londres : Pinter.

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

Baldwin, J.R. et M. Da Pont. 1996. *L'innovation dans les entreprises de fabrication Canadiennes*. N° 88-513-XPB au catalogue. Ottawa : Statistique Canada.

Baldwin, J.R. 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.R., B. Diverty et D. Sabourin. 1995. *Utilisation des technologies et transformation industrielle : Perspectives empiriques*. Documents de recherche n° 75. Direction des études analytiques. Ottawa : Statistique Canada. Également publié 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.R., G. Gellatly, J. Johnson et V. Peters. 1998. *L'innovation dans les industries de service dynamiques*. N° 88-516-XPB au catalogue. Ottawa : Statistique Canada.

Baldwin, J.R., T. Gray et J. Johnson. 1996. "Advanced Technology Use and Training in Canadian Manufacturing." *Canadian Business Economics* 5 : automne 1996. 51-70.

Baldwin, J.R. et Joanne Johnson. 1996. "Business Strategies in Innovative and Non-Innovative Firms in Canada." *Research Policy* 25 : 785-804.

Baldwin, J.R. et J. Johnson. 1998. "Innovator Typologies, Related Competencies, and Performance." Dans G. Eliasson, C. Green et C. McCann, Jr. (dir.), *Microfoundations of Economic Growth: A Schumpeterian Perspective*, 227-253, Ann Arbor, Michigan: The University of Michigan Press.

Baldwin, J.R. et J. Johnson. 1999. "Innovation and Entry." Dans *Are Small Firms Important? Their Role and Impact*. Sous la direction de Z. Acs. Kluwer.

Baldwin, J.R. et P. Hanel. 2002. *Knowledge Creation and Innovation Activity in an Open Economy*. Cambridge: Cambridge University Press. À paraître.

Baldwin, J.R. 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.

Baldwin, J.R. et D. Sabourin. 1997. “Les facteurs associés à l’adoption de technologies : Une comparaison entre le Canada et les États-Unis.” *L’observateur économique canadien*. Ottawa : Statistique Canada. Août p. 3.1-3.17.

Baldwin, J.R., P. Hanel et D. Sabourin. 2001. “Determinants of Innovative Activity in Canadian Manufacturing Firms,” Dans *Innovation and Firm Performance. Econometric Explorations of Survey Data*. Sous la direction de Alfred Kleinknecht et P. Mohnen. Londres et Basingstoke : Palgrave. À paraître.

Baldwin, J.R., D. Sabourin et M. Rafiqzaman. 1996. *Avantages et problèmes liés à l’adoption de la technologie dans le secteur de la fabrication au Canada*. N° 88-514-XPF au catalogue. Ottawa : Statistique Canada.

Beaumont, N.B. et R.M Schroder. 1997. “Technology, Manufacturing Performance and Business Performance amongst Australian Manufacturers.” *Technovation* 17(6) 297-307.

Cosh, A., A. Hughes et E. Wood. 1996. “Innovation in UK SMEs: Causes and the Consequences for Firm Failure and Acquisition.” Working Paper 48. Cambridge: University of Cambridge ESRC Centre for Business Research.

Evangelista, R. et G. Sirilli. 1997. “Innovation in Services and Manufacturing: Results from the Italian Surveys.” Working Paper 73. Cambridge: University of Cambridge ESRC Centre for Business Research.

Gellatly, G. et V. Peters. 1999. *Différences de profils entre innovateurs et non-innovateurs : Les petits établissements du secteur des services aux entreprises*. Documents de recherche n° 143. Direction des études analytiques. Ottawa : Statistique Canada.

OCDE. 1991. *Managing Manpower for Advanced Manufacturing Technology*. Paris : Organisation de Coopération et de Développement Économiques.

Papaconstantinou, G.N. Sakurai, A.Wyckoff, J. Fagerberg et E. Ionnidis. 1996. *Technology Diffusion, Productivity and International Competitiveness: An Empirical Analysis*. Rapport pour le European Commission. EIMS Publication No. 13.

Rischel, T.D. et O.M. Burns. 1997. “The Impact of Technology on Small Manufacturing Firms.” *Journal of Small Business Management* 35 : 2-10.

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

Small, M.H. 1998. "Objectives for Adopting Advanced Manufacturing Systems: Promise and Performance." *Industrial Management and Data Systems* 98 : 129-37.

Spina, G., E. Bartezzaghi, A. Bart, R. Cagliano, D. Draaijer et H. Boer. 1996. "Strategically Flexible Production: The Multifocused Manufacturing Paradigm." *International Journal of Operations and Production Management* 16 : 20-41.

Tracey, M., M.A. Vonderrembse et J.S. Lim. 1999. "Manufacturing Technology and Strategy Formulation: Keys to Enhancing Competitiveness and Improving Performance." *Journal of Operations Management* 17 : 411-428.

United States Bureau of the Census. 1989. *Manufacturing Technology 1988*. SMT (88-1). Washington: U.S. Department of Commerce.

United States Bureau of the Census. 1993. *Manufacturing Technology: Prevalence and Plans for Use: 1993*. SMT (93-3). Current Industrial Reports. Washington: U.S. Department of Commerce.

Young, R.C., J.D. Francis et C. Young. 1993. "Innovation, High-Technology Use, and Flexibility in Small Manufacturing Firms." *Growth and Change* 24 : 67-86.