



Documents de recherche

Direction des études analytiques

Avantages salariaux d'origine technologique dans les établissements canadiens de fabrication pendant les années 1980

par John R. Baldwin, Tara Gray et Joanne Johnson

N° 92



**DIRECTION DES ÉTUDES ANALYTIQUES
DOCUMENTS DE RECHERCHE**

La série de documents de recherche de la Direction des études analytiques permet de faire connaître, avant leur publication, les travaux de recherche effectués par le personnel de la direction, les boursiers invités et les universitaires associés. Cette série a pour but de favoriser la discussion sur divers sujets, notamment le travail, la dynamique des entreprises commerciales, les pensions, l'agriculture, la mortalité, la langue, l'immigration, la statistique informatique et la simulation. On incite les lecteurs à faire part aux auteurs de leurs commentaires, critiques ou suggestions. Une liste des titres figure à l'arrière de ce document.

Les documents de la série sont distribués aux bureaux régionaux de Statistique Canada, aux représentants statistiques des provinces, aux instituts de recherche et aux bibliothèques spécialisées. Vous pouvez vous procurer une copie du document par internet: www.statcan.ca.

Pour obtenir un ensemble de résumés des documents de la série ou un exemplaire des documents (en français ou en anglais), veuillez communiquer avec:

Comité de révision des publications
Direction des études analytiques, Statistique Canada
24^e étage, Immeuble R.-H. Coats
Ottawa, Ontario, K1A 0T6
(613) 951-6325

**Avantages salariaux d'origine technologique
dans les établissements canadiens de fabrication
pendant les années 1980**

par John R. Baldwin*, Tara Gray et Joanne Johnson**
Division des études et de l'analyse micro-économique, Statistique Canada

N° 92

**11F0019MPF N° 92
ISSN:1200-5231
ISBN: 0-660-95422-2**

24^{ième} étage, Immeuble R.-H. Coats, Ottawa, K1A 0T6
Télécopieur: (613) 951-5403

*Téléphone (613) 951-8588
e-mail: baldjoh@statcan.ca
**Téléphone (613) 951-3547
e-mail: johnjoa@statcan.ca

Le 9 janvier 1997

Les auteurs assument seuls la responsabilité des opinions formulés dans le présent document qui ne représentent pas nécessairement le point de vue de Statistique Canada.

Also available in English

Table des matières

Résumé	v
Introduction	1
1. Structure salariale et utilisation de la technologie	1
2. Sources des données	4
3. Utilisation de la technologie	5
4. Utilisation de la technologie et niveau des compétences	6
5. Résumé des avantages salariaux (taux de salaire) liés à l'utilisation de la technologie	9
6. Modèle et variables	16
a) <i>Modèle</i>	16
b) <i>Variables</i>	17
7. Résultats	21
a) <i>Taux de salaire en 1989</i>	21
8. Comparaison des effets technologiques en 1989 et 1981	24
a) <i>Méthodologie</i>	24
b) <i>Résultats</i>	25
9. Conclusion	30
Bibliographie	32

Résumé

Cette étude fait partie d'une série de documents de recherche traitant de la façon dont l'adoption de la technologie influe sur les compétences des travailleurs. Dans des documents antérieurs, nous avons abordé la question sous différents angles au moyen de données puisées à une diversité de sources. À l'aide de données sur les stratégies et les activités des petites et moyennes entreprises appartenant au secteur tant secondaire que tertiaire, Baldwin et Johnson (1995), Baldwin, Johnson et Pedersen (1996) s'attachent au lien entre les diverses stratégies appliquées par les entreprises en croissance. Ils constatent que celles qui mettent l'accent sur les compétences technologiques privilégient d'autant les activités de formation et de perfectionnement professionnels. Au moyen de données d'enquête sur la nature des techniques utilisées dans les établissements de fabrication, ainsi que sur la perception qu'a la direction de ces établissements des besoins en compétences et des frais de formation professionnelle afférents à l'adoption de nouvelles technologies, Baldwin, Gray et Johnson (1995) concluent que l'exploitation de la technologie augmente ces besoins et les activités et les coûts de formation.

Dans ce document, nous nous servons de données d'enquête sur l'incidence de l'adoption de techniques de pointe et de données-panel correspondantes sur des caractéristiques des établissements comme les salaires, l'intensité capitalistique et la taille afin de dégager le lien entre le recours à la technologie et les taux de salaire pratiqués. Comme l'accroissement des compétences est lié à une hausse des salaires, l'établissement d'un rapport entre ce recours et la rémunération vient corroborer les constatations antérieures.

Mots clés : innovation, technologie, salaires et compétences

Introduction

Dans ce document, nous nous reportons à des données sur l'incidence de l'adoption de techniques de pointe et à des données-panel correspondantes sur des caractéristiques des établissements comme les salaires, l'intensité capitalistique et la taille afin de dégager le lien entre l'exploitation de la technologie et les taux salariaux pratiqués. Comme l'accroissement des compétences et la hausse des salaires vont de pair, l'établissement d'un rapport entre le recours à la technologie et la rémunération vient corroborer les constatations antérieures de l'existence d'un lien entre technologie et compétence.

Depuis 1980, les écarts salariaux entre la main-d'oeuvre qualifiée et la main-d'oeuvre non qualifiée se sont accrus en Amérique du Nord. Comme cette évolution de la structure salariale pourrait être en partie imputable à la technologie, nous examinons aussi dans le présent document si le lien entre cette structure et la technologie a changé au cours de la décennie 1980. Les études antérieures consacrées à l'incidence de l'évolution technologique sur la demande de main-d'oeuvre qualifiée se sont attachées à une question apparentée, mais ont eu tendance à employer des mesures indirectes de cette évolution. Aussi bien Lillard et Tan (1986) que Mincer (1992) étudient le lien entre le changement technologique et les besoins en ressources humaines en mettant en corrélation les mesures de la productivité des divers facteurs de production et celles de l'intensité de la formation. Bartel et Lichtenberg (1987) s'intéressent pour leur part au rapport entre le stock de capital et la proportion de la population active ayant fait des études supérieures. Berman, Bound et Griliches (1994) établissent un lien entre la partie de la masse salariale consacrée aux travailleurs plus qualifiés hors production, d'une part, et les dépenses de recherche-développement dans l'industrie et la proportion des nouveaux investissements qui va à l'informatique, d'autre part.

Ces études se font pour la plupart au niveau des industries ou branches d'activité et ne permettent pas de cerner les changements qui s'opèrent au niveau des établissements. Les études antérieures ont aussi recouru à des mesures fort grossières du parc technologique d'une industrie. Dans la présente étude, nous employons des mesures plus fines de l'utilisation de la technologie au niveau des établissements, nos données sur le nombre de techniques de pointe en usage et la nature des technologies utilisées venant d'une enquête sur les techniques de fabrication de pointe. Ces données jointes à des données microéconomiques sur les établissements tirées du Recensement des manufactures nous ont permis de mesurer d'autres caractéristiques des établissements prises en compte dans les équations salariales.

1. Structure salariale et utilisation de la technologie

Ces vingt dernières années, les taux salariaux individuels se sont polarisés tant au Canada (Beach et Slotsve, 1994; Morissette, Myles et Picot, 1994) qu'aux États-Unis (Levy et Murnane, 1992). On ne s'entend pas sur les causes principales de cette évolution.

Certains ont fait valoir que la demande de main-d'oeuvre qualifiée (par opposition donc à la main-d'oeuvre non qualifiée) a changé par suite de la mondialisation (Wood, 1994). Des modèles des échanges internationaux prévoient que les prix relatifs des facteurs tendront à s'égaliser dans les pays industrialisés et les pays en développement quand les tarifs douaniers seront abaissés. À

cause de la pénétration accrue des importations en provenance des pays en développement, on considère que les taux de salaire de la main-d'oeuvre peu qualifiée des pays occidentaux subissent de plus en plus l'influence des salaires versés aux travailleurs des pays en développement.

La thèse de l'importance du commerce s'étaie d'arguments tant empiriques que théoriques. Dans ses estimations empiriques, Wood (1995) a voulu montrer l'ampleur de l'effet du commerce. D'autres ont invoqué la théorie du commerce pour soutenir que la structure salariale (prix relatifs des facteurs) se trouve déterminée et sur les marchés internationaux et par des différences de productivité intérieure entre secteurs. Dans ce monde, l'offre intérieure relative de facteurs n'a pas d'importance, ni d'ailleurs le progrès technique général qui augmente le travail. L'évolution technologique n'influera sur les salaires relatifs que si le rythme du progrès technique varie selon les secteurs¹.

Si les pressions s'exerçant dans le sens d'une égalisation des prix des facteurs peuvent avoir une incidence sur les salaires de la main-d'oeuvre non qualifiée, les données tendant à confirmer la forme extrême de cette théorie (égalisation en bonne et due forme des prix des facteurs) n'emportent pas la conviction. Comme le fait observer Freeman (1995, 22), l'information empirique sur l'économie du travail abonde en données démontrant nettement que l'évolution intérieure influe sur les structures salariales intérieures. L'évolution tant de l'offre que de la demande intérieures de main-d'oeuvre a agi sur la structure salariale.

D'autres ont maintenu que la polarisation des salaires subit l'influence tant de l'évolution de l'offre intérieure (en Amérique du Nord) de main-d'oeuvre qualifiée ou non (nombre relatif de travailleurs) depuis dix ans que des variations de la demande causées par le progrès technique (Murphy et Welch, 1992; Katz et Murphy, 1992). Si on considère que l'offre relative de main-d'oeuvre qualifiée a eu une influence déterminante sur la structure salariale, on peut en dire autant de l'accroissement constant de la demande relative d'une main-d'oeuvre plus instruite. Comme explication plausible de ces variations de la demande de travail, on avance l'évolution technique qui privilégie ou augmente les compétences.

Berman, Bound et Griliches (1994) brossent un tableau semblable, se reportant aux salaires relatifs des travailleurs en production et hors production dans le secteur de la fabrication pour représenter les taux de rémunération de la main-d'oeuvre qualifiée et de la main-d'oeuvre peu qualifiée. Les salaires de la première se sont accrus, tout comme sa part de l'emploi. Là encore, cette tendance est compatible avec l'existence d'une évolution technique génératrice de compétence qui est venue augmenter la demande de travailleurs relativement plus qualifiés.

Davis et Haltiwanger (1991) ont aussi trouvé des données confirmant la valeur d'explication du progrès technologique générateur de compétence pour les variations de la structure salariale (taux de salaire) depuis trente ans. À l'aide de données sur les caractéristiques des établissements et les caractéristiques individuelles des travailleurs, ils constatent que les écarts salariaux entre les établissements de différentes tailles se sont accrus, que le secteur de la fabrication a vu l'instruction de sa main-d'oeuvre augmenter nettement et que l'accroissement de la qualité de la main-d'oeuvre a été disproportionné dans les grands établissements.

¹ Voir un résumé de ces arguments dans Richardson (1995).

Si on cite souvent le progrès technique comme le facteur clé de l'évolution de la demande de travail, dans le gros du débat consacré à l'incidence de la technologie sur les taux de salaire, la technologie reste une sorte de boîte noire. On se sert rarement de mesures des technologies pour décrire la nature de l'évolution technique. Krueger (1993) fait exception à cet égard, puisqu'il étudie un profil de la main-d'oeuvre pour découvrir, après avoir pris en compte des caractéristiques facilement mesurables des travailleurs comme l'instruction et l'âge, l'existence d'un avantage salarial appréciable de 10 % à 15 % pour les travailleurs ayant une compétence en informatique.

Bien que dans ses travaux Krueger fasse un pas en avant par rapport aux études antérieures, de simples mesures de l'utilisation de l'ordinateur ne permettent pas de capter la façon systématique dont l'informatique a été appliquée à la production tant de biens que de services. L'informatique est logée dans des machines employées aux divers stades de la production : conception et ingénierie, fabrication et montage, inspection et communications. Pour évaluer l'importance des techniques reposant sur l'informatique, il nous faut une mesure plus précise de l'intensité de leur utilisation. Dunne et Schmitz (1995) comptent parmi les quelques chercheurs à agir ainsi en examinant les salaires dans un éventail d'établissements de fabrication faisant appel à diverses techniques de pointe fondées sur l'ordinateur. Ils constatent ainsi qu'un net avantage salarial va aux travailleurs de la production qui appliquent ces technologies avancées.

Dans notre étude, nous nous servons aussi d'une mesure directe de l'utilisation de la technologie pour étudier l'existence d'un avantage d'origine technologique au Canada. Pour ce faire, nous estimons une équation des taux de salaire au niveau des établissements de fabrication à l'aide de données appariées de l'Enquête sur les technologies de la fabrication² et du Recensement des manufactures. Comme l'enquête canadienne porte sur plus de branches d'activité que l'enquête américaine³, il est possible pour la première fois d'établir l'existence d'un lien entre les salaires et la technologie pour l'ensemble du secteur de la fabrication.

Il s'agit aussi de voir si les établissements qui utilisaient des techniques de pointe en 1989 différaient de ceux qui n'en employaient pas la même année un peu comme en 1981 les deux groupes pouvaient différer sur ce plan. Nous constatons ainsi que l'avantage salarial d'origine technologique a été plus grand en 1989 qu'en 1980 pour les établissements utilisateurs de technologie par rapport aux établissements non utilisateurs. Ce changement est attribuable tant à une intensification de l'utilisation de la technologie depuis 1981 dans les établissements utilisateurs qu'à l'augmentation de cet avantage même, ce qui représenterait une évolution du lien entre salaires et technologie dans la catégorie utilisatrice. C'est la démonstration de l'origine de l'évolution technologique qui fait épargner du travail et de son lien avec l'adoption des techniques de pointe, aspect mesuré par d'autres uniquement au niveau global des branches d'activité.

² Au Canada comme aux États-Unis, on enquête directement sur les établissements de fabrication pour constater l'utilisation de techniques de pointe déterminées.

³ Aux États-Unis, l'enquête vise seulement cinq industries à deux chiffres, à savoir celles des métaux ouvrés, des appareils non électriques, du matériel électrique et électronique, du matériel de transport et de l'instrumentation et des produits assimilés. En revanche, l'enquête canadienne porte sur tout le secteur de la fabrication.

2. Sources des données

Nous avons puisé les données de cette étude à trois sources, à savoir l'Enquête sur les technologies de la fabrication (ETF) de 1989, le Recensement des manufactures et l'Enquête sur les innovations et les technologies de pointe de 1993.

Dans l'ETF de 1989 au Canada, on a demandé aux établissements de fabrication d'indiquer s'ils utilisaient, n'utilisaient pas ou prévoyaient utiliser 22 techniques de pointe énumérées. L'enquête canadienne vise des techniques appartenant aux domaines de la conception et de l'ingénierie, de la fabrication et du montage, de l'inspection et des communications, de la manutention automatisée des matières, des systèmes d'information de fabrication et de l'intégration et du contrôle⁴. On a aussi recueilli des données dans le cadre de cette enquête sur plusieurs caractéristiques liées des établissements, et notamment les installations de recherche-développement dont ils disposent et la formation du personnel assurée à l'intérieur comme à l'extérieur de l'établissement. Il s'est agi d'une enquête postale fondée sur un échantillon de tous les établissements du secteur canadien de la fabrication⁵. On a stratifié cet échantillon par catégories de taille et prélevé proportionnellement plus de grands établissements que de petits. Sur les 4 200 établissements de l'échantillon, 3 952 ou 94 % ont répondu au questionnaire.

On a relié ces réponses à des données-panel d'ordre longitudinal remontant à 1980 dans le cadre du Recensement des manufactures⁶. À cette source, nous obtenons des données sur l'emploi, les livraisons, les salaires et la valeur ajoutée en fabrication dans les divers établissements. Nous tirons en outre de dossiers spéciaux tenus par la Division des études de l'analyse micro-économique des données sur les entreprises propriétaires des établissements (nationalité, emploi et âge). Aux fins de la présente analyse, nous calculons les taux de salaire comme le quotient de la somme des salaires versés aux travailleurs de la production et de la somme de ces travailleurs.

Comme nous comparons les structures salariales des établissements en 1989 et 1980, seuls les établissements qui ont duré toute cette décennie sont pris en compte dans notre analyse de régression. Dans l'échantillon employé, on ne trouve pas les établissements qui ont disparu ou apparu de 1980 à 1989. Une fois exclues les disparitions et les apparitions du fichier «chaîné», nous nous retrouvons au total pour les calculs avec 3 616 observations.

Nous nous servons ici de données de l'Enquête sur les innovations et les technologies de pointe de 1993 pour cerner l'effet des techniques de pointe sur les besoins en compétences et les frais de formation. Dans cette enquête, on a examiné l'utilisation des 22 techniques évoquées plus haut, mais aussi un certain nombre de questions relatives aux avantages, aux effets et aux obstacles de l'exploitation de la technologie de pointe. On y pose certaines questions sur les besoins de compétences liés à l'adoption de techniques de pointe et les frais de formation occasionnés par cette adoption. On a échantillonné 2 877 entreprises au total pour le volet «technologie» de cette enquête. Le taux de réponse aux questions de ce volet dans l'enquête de 1993 s'est établi à 88 %.

⁴ Dans l'enquête canadienne, on s'intéresse à cinq techniques de plus que dans l'enquête américaine, où il n'est pas question des techniques appartenant aux domaines des systèmes d'information de fabrication et de l'intégration et du contrôle.

⁵ L'enquête américaine vise seulement les établissements de plus de 20 salariés.

⁶ Sur les 3 952 répondants, 3 642 environ ou 92 % ont été reliés aux éléments du panel du Recensement des manufactures.

3. Utilisation de la technologie

Au tableau 1 de ce document, nous énumérons les diverses techniques par groupe fonctionnel. Ces groupes diffèrent selon leur degré de rattachement direct aux activités de production et d'assemblage ou à des activités de diagnostic et de contrôle de qualité de la fabrication et du montage.

Tous ces éléments technologiques émanent de la révolution technique en cours qui est liée à l'ordinateur ou plus précisément à l'utilisation de circuits intégrés. Par ailleurs, la capacité de traitement relativement bon marché de ces puces électroniques a fait naître une foule de technologies qui font épargner du travail, ayant permis de substituer à une main-d'oeuvre chère des machines d'un bon rendement sûr commandées par l'ordinateur. Ainsi, les robots constituent une solution de rechange efficiente et sûre à l'être humain dans des tâches répétitives comme la soudure par points ou la peinture d'automobiles en chaîne de montage. Autre exemple, des systèmes de véhicules à guidage automatique remplacent le personnel de livraison.

Quelque importantes qu'aient pu être ces techniques d'économie de travail, la nouvelle révolution technologique a aussi eu pour effet marqué d'améliorer la main-d'oeuvre et souvent la direction dans les tâches qu'elles accomplissent. Les effets des techniques de l'information se sont fait sentir un peu partout en production. Ces techniques ont permis aux gestionnaires de recevoir, d'assimiler et d'analyser des quantités inégalées de renseignements. Aux concepteurs, elles ont donné la possibilité de réfléchir à des problèmes auxquels ils n'avaient pas eu le temps de s'attacher par le passé, ainsi que de réduire les délais de conception des projets.

L'intégration des techniques d'amélioration et d'économie de travail a créé des procédés de fabrication qui se situent au coeur de ce que nous appelons la «fabrication douce», à propos de laquelle Bylinsky (1994) fait observer qu'elle diffère de la fabrication classique en ce que les logiciels et les réseaux informatiques y ont autant d'importance que la machinerie de production. Ces nouvelles techniques complètent les compétences de la main-d'oeuvre en solution de problèmes. L'introduction de techniques d'amélioration du travail s'est trouvée stimulée par la constatation que l'humain possède une dextérité et un discernement précieux que l'on n'a pas encore su programmer dans un robot. D'une part, les techniques de communication permettent aux ingénieurs de commander une diversité de procédés et, d'autre part, elles assurent une passation des commandes en temps réel et une fabrication de produits à façon et à la demande. Les technologies de communication et de commande facilitent l'acheminement rapide des commandes vers l'atelier de montage, la livraison de pièces au préposé au montage et l'assemblage de produits spécialisés par des travailleurs à qui l'ordinateur indique les pièces nécessaires aux produits commandés et la nature des opérations d'assemblage à prévoir. Au lieu de remplacer les travailleurs par des robots, ces techniques douces ont valorisé les compétences humaines. Dans ce cadre, les robots sont cantonnés dans les tâches répétitives et les techniques informatiques aident les travailleurs à assembler des produits commandés sur mesure à l'aide de l'ordinateur.

Les effets de la révolution de l'information ne se sont pas fait sentir d'une manière égale dans tous les domaines de la production. C'est dans le groupe fonctionnel de l'inspection et des

communications qu'on observe le taux d'adoption le plus élevé (tableau 1). En 1989, environ 79 % des livraisons émanaient d'établissements faisant appel à des techniques de ce groupe. Le haut taux d'adoption dans ce cas s'explique principalement par l'utilisation de commandes automatiques, c'est-à-dire de dispositifs de commande programmables et d'ordinateurs autonomes servant à commander les opérations en atelier de fabrication. Le domaine de l'inspection et des communications est suivi de ceux de la conception et de l'ingénierie (52,1 %) et des systèmes d'information de fabrication (51,2 %). La fabrication proprement dite, qui représente le coeur traditionnel de l'activité de production, se classe au quatrième rang seulement avec une proportion de 46,7 %. Si on décrit souvent la révolution suscitée par l'informatique par ses effets sur la fabrication et le montage, l'ordinateur a été le plus utilisé jusqu'ici dans le domaine des techniques qui améliorent le travail dans les tâches d'inspection et de communications ainsi que dans la conception et l'ingénierie.

Les données sur l'évolution de l'utilisation de la technologie ont un caractère variable, mais d'après les indications disponibles, on peut penser que les gains d'utilisation liés à la révolution des communications par l'informatique ont été importants. Betcherman et coll. (1994, p. 16) ont suivi 224 établissements de 1985 à 1991 appartenant à un large éventail de secteurs pour constater une intensification de l'utilisation des technologies reposant sur l'informatique⁷ pendant cette période où la proportion des travailleurs appliquant de telles techniques dans l'échantillon a monté de 16 % à 37 %. Des données plus complètes sur la variation de l'emploi de techniques de pointe à la fin des années 1980 (Baldwin et Sabourin, 1995, p. 55-60) indiquent que cette utilisation s'est considérablement accrue dans le secteur de la fabrication de 1989 à 1993 malgré la récession qui a marqué ces années. L'évolution la plus importante a eu lieu dans la conception et l'ingénierie et dans l'inspection et les communications.

4. Utilisation de la technologie et niveau des compétences

L'adoption des nouvelles technologies peut avoir pour effet de diminuer ou d'augmenter les besoins en compétences. Si une technologie ne sert qu'à morceler des tâches complexes en des opérations banales et répétitives, il peut y avoir dégradation des compétences des travailleurs, mais les techniques de pointe, soutient-on, facilitent les tâches et amènent des activités complexes faisant appel à la fois au discernement, à la dextérité et à l'expérience (Bylinsky, 1994). Sous ses nouvelles formes, l'atelier souple est considéré comme exigeant une main-d'oeuvre encore plus qualifiée (Matzner, Schettkat et Wagner, 1990). L'adoption de la technologie met plus en demande les travailleurs plus capables de conceptualiser et de trouver

⁷ Dans cette enquête, les techniques fondées sur l'informatique qui sont étudiées sont les suivantes : CAO, FAO, techniques d'inspection, systèmes automatisés de maintenance en fabrication et de traitement de texte, micro-ordinateurs personnels, réseaux de bureautique et autres fonctions informatiques dans le secteur tertiaire.

Tableau 1. Techniques de pointe en fabrication par groupe fonctionnel

Groupe fonctionnel	Technique	Taux d'adoption (pourcentage des livraisons)
Conception et ingénierie		52,1
	Conception et ingénierie assistées par ordinateur (CIAO)	49,0
	CAO pour la commande des machines en fabrication (CFAO)	20,1
	Représentation numérique des données de la CAO	12,7
Fabrication et montage		46,7
	Cellules ou systèmes de fabrication flexibles (CSFF)	20,6
	Machines à commande numérique (CN) et à commande pilotée par ordinateur (CNO)	29,6
	Systèmes d'usinage laser	9,3
	Robots manipulateurs («bras-transferts»)	14,9
	Autres robots	15,6
Manutention automatisée des matières		18,4
	Systèmes de stockage et de récupération automatiques (SSRA)	14,7
	Systèmes de véhicules à guidage automatique (SVGA)	9,2
Inspection et communications		79,0
	Appareils automatisés d'inspection de produits d'entrée	30,7
	Appareils automatisés d'inspection de produits de sortie	34,9
	Réseau local de données techniques (RLDT)	40,8
	Réseau local à l'usage de l'usine (RLUU)	36,7
	Réseau informatique entre entreprises (RIEE)	35,4
	Dispositifs de commande programmables	63,6
	Ordinateurs industriels de commande	49,9
Systèmes d'information de fabrication		51,2
	Planification des besoins de matières (PBM ou MRP)	48,6
	Planification des ressources de fabrication (PRF ou MRP II)	33,0
Intégration et contrôle		39,8
	Fabrication intégrée par ordinateur (FIO)	21,1
	Système d'acquisition et de contrôle de données (ACD ou SCADA)	33,9
	Intelligence artificielle et systèmes experts (IA)	6,5

des solutions. On voit dans la formation, la préparation et l'apprentissage les éléments de base de ce nouveau milieu de travail (Keefe, 1991).

On a plusieurs raisons de croire que l'intensification de l'utilisation des techniques de pointe reposant sur l'ordinateur demande un relèvement des niveaux de compétence. D'abord, le genre de techniques dont on fait le plus ample usage se situe au coeur de la révolution de la «fabrication douce». On emploie plus fréquemment les technologies d'inspection et de communications que les autres. Ajoutons qu'elles se sont répandues plus vite (Baldwin et Sabourin, 1995). Ce sont des techniques essentielles aux nouveaux procédés de fabrication où les logiciels et les réseaux informatiques ont acquis autant d'importance que les machines. Grâce aux techniques de

fabrication douce, les entreprises adaptent leurs produits aux besoins individuels des acheteurs, exécutent rapidement des commandes personnalisées, tout en réalisant des économies d'échelle. On demande aux travailleurs de se consacrer à la solution des problèmes qui se présentent et à l'amélioration de la qualité des produits et des services.

L'Enquête sur les innovations et les technologies de pointe de 1993 nous révèle encore plus directement l'existence d'un rapport positif entre technologie et compétence. Dans cette enquête, les gestionnaires d'établissements utilisant des techniques appartenant à chacun des quatre groupes fonctionnels énumérés (conception et ingénierie, fabrication et montage, manutention automatique des matières et inspection et communications) ont dit que l'adoption de techniques de pointe dans ces divers secteurs augmentait les besoins en compétences plus souvent qu'elle ne les diminuait (tableau 2)⁸. La proportion des établissements où ces besoins se sont accrus est de quatre à cinq fois supérieure à celle des établissements qui les ont vus décroître.

Tableau 2. Incidence de l'adoption de la technologie sur les besoins en compétences

Techniques	Incidence sur les besoins en compétences		
	Augmentation	Maintien	Diminution
	Pourcentage des établissements (en pondération «livraisons»)		
Fabrication et montage	56	28	16
Manutention automatisée des matières	59	36	5
Conception et ingénierie	54	38	8
Inspection et communications	47	47	6

Source : Enquête sur les innovations et les technologies de pointe (1993)

Si la technologie a pour effet d'accroître les compétences, on peut s'attendre à ce que les producteurs relèvent le niveau de qualification de leur personnel en embauchant des travailleurs encore plus qualifiés et en donnant plus de formation. La formation devrait être privilégiée là où l'existence de compétences propres à une entreprise est particulièrement importante, ces compétences ne pouvant être enseignées ni acquises qu'au sein même de l'entreprise.

Les données sur la fréquence de la formation dans les établissements canadiens de fabrication confirment le lien qui unit l'exploitation de la technologie et cette fréquence. Baldwin, Gray et Johnson (1995) procèdent à une analyse à plusieurs variables pour examiner dans quelle mesure cette même fréquence se trouve liée au nombre de techniques de pointe utilisées. Ils constatent ainsi que la technologie compte parmi les facteurs les plus déterminants de la probabilité d'activités de formation dans un établissement. Plus les techniques de pointe sont nombreuses, plus la production gagne en complexité et plus l'établissement est susceptible de réaliser des programmes de formation. Précisons en outre que les établissements dotés d'installations de R-D et appartenant à des industries plus novatrices auront aussi tendance à faire plus de formation.

La formation liée à l'adoption de nouvelles technologies ne vient pas tout simplement remplacer des programmes de perfectionnement se rapportant aux anciennes techniques employées. Les cadres qui ont adopté des techniques de pointe ont signalé que leurs frais de formation s'étaient généralement accrus (tableau 3). Des deux tiers aux trois quarts des établissements utilisateurs de technologie ont déclaré que cette adoption avait fait monter leurs dépenses de formation⁹. Un

⁸ À cette question de l'enquête de 1993, on a obtenu un taux de réponse de 92 %.

⁹ À cette question de l'enquête de 1993, on a obtenu un taux de réponse de 99 %.

nombre appréciable de ces établissements ont parlé d'une hausse *moyenne* ou *importante* des dépenses. Ainsi, l'augmentation des besoins en compétences liée à l'introduction d'une technologie avancée a fait se multiplier les dépenses de formation des établissements utilisateurs. En ce sens, la formation s'est «intensifiée».

Tableau 3. *Incidence du matériel et des logiciels technologiquement avancés sur les frais d'éducation et de formation*

	Fabrication et montage	Manutention automatisée de matières	Conception et ingénierie	Inspection et communications
pourcentage des établissements (en pondération «livraisons»)				
Augmentation importante	23	15	20	20
Augmentation moyenne	40	24	35	29
Augmentation légère	14	16	24	19
Aucune variation	12	32	12	12
Diminution	1	0	0	0

Source : Enquête sur les innovations et les technologies de pointe (1993)

Ces trois indices distincts mais liés étayent l'argument selon lequel l'augmentation des besoins en compétences a à voir avec l'emploi de techniques de pointe au niveau des établissements. L'exploitation de la technologie a accru la demande de compétences ainsi que les activités et les frais de formation. On a besoin d'investir dans le capital humain en complément des investissements de l'entreprise dans les techniques de pointe. Dans la mesure où ces derniers investissements exigent une main-d'oeuvre plus qualifiée qui est relativement rare, un avantage salarial devrait aller aux travailleurs des établissements qui font appel à la technologie avancée. De plus, comme l'utilisation de la technologie s'est intensifiée avec le temps, l'écart entre les utilisateurs et les non-utilisateurs de la technologie devrait s'être accru pendant la période en question. Dans les sections qui suivent, nous examinerons le bien-fondé de ces hypothèses.

5. Résumé des avantages salariaux (taux de salaire) liés à l'utilisation de la technologie

Le tableau 4 donne un aperçu du lien entre le taux salarial moyen et l'intensité de l'utilisation de la technologie. Le salaire est calculé en divisant le total des salaires par le total des travailleurs de la production de l'établissement. Nous mesurons l'intensité de l'utilisation de la technologie par le nombre de techniques employées (0, 1 à 2, 3 à 5, 6 et plus). Nous classons les taux de salaire aussi bien selon cette même intensité (1 technique, 2 techniques, 3 techniques et 4 techniques) que selon la taille des établissements (taille 1, taille 2, taille 3 et taille 4) en vue de comparer l'effet de l'exploitation de la technologie sur les salaires à l'avantage bien connu tenant à la taille des établissements (Mellow, 1982; Brown et Medoff, 1989; Groshen, 1991). Dans chaque case du tableau, le taux salarial des établissements est indexé à celui des établissements de la catégorie de taille la plus basse où on n'applique pas de techniques de pointe.

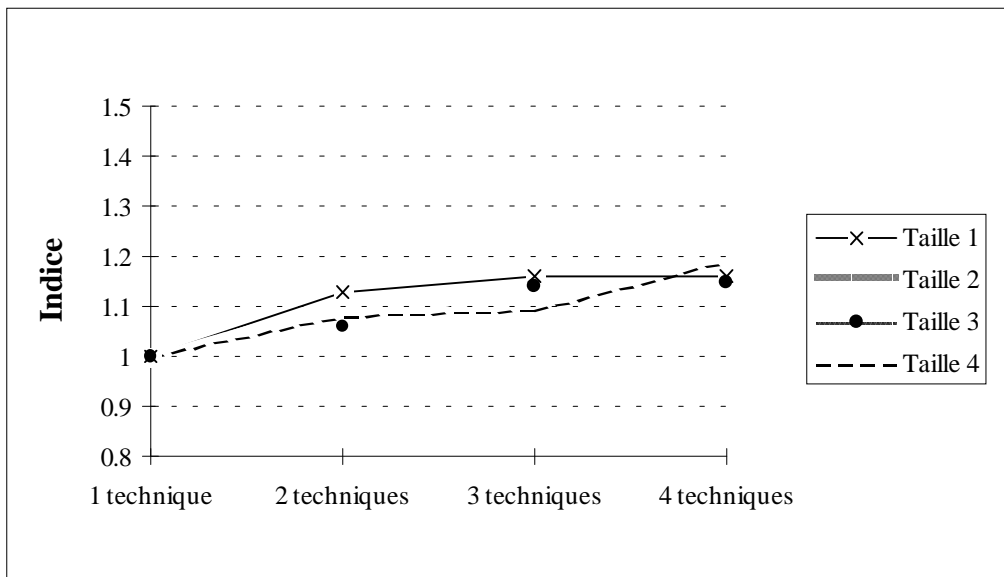
Tableau 4. Taux salariaux annuels moyens des travailleurs de la production en 1989

Main-d'oeuvre des établissements	Nombre de techniques en usage, 1989			
	0	1 à 2	3 à 5	6 ou plus
Moins de 100 salariés	1,00	1,13	1,16	1,16
100 à 249	1,10	1,21	1,24	1,26
250 à 499	1,17	1,24	1,33	1,35
Plus de 499	1,42	1,54	1,55	1,69

Source : Enquête sur les technologies de la fabrication de 1989 et Recensement des manufactures.

Les données font voir un lien étroit entre les taux salariaux relatifs et l'intensité d'utilisation de la technologie. Dans la catégorie de taille la plus basse des établissements (moins de 100 salariés), les salaires augmentent de 16 % environ de la plus basse (1 technique, 0 technique) à la plus haute (4 techniques, 6 techniques ou plus) des catégories utilisatrices de technologie. Ce lien se remarque dans toutes les catégories de taille. La figure 1 met en graphique le salaire relatif des divers groupes d'utilisation de la technologie dans chaque catégorie de taille, où on attribue dans chaque cas la valeur un aux établissements n'employant pas de techniques de pointe (1 technique). L'avantage salarial procuré au groupe qui exploite le plus la technologie (4 techniques) présente une similitude remarquable entre toutes les catégories de taille. L'avantage pour le groupe utilisant 6 techniques et plus est de 16 %, 15 %, 15 % et 19 % respectivement pour les première, deuxième, troisième et quatrième catégories de taille.

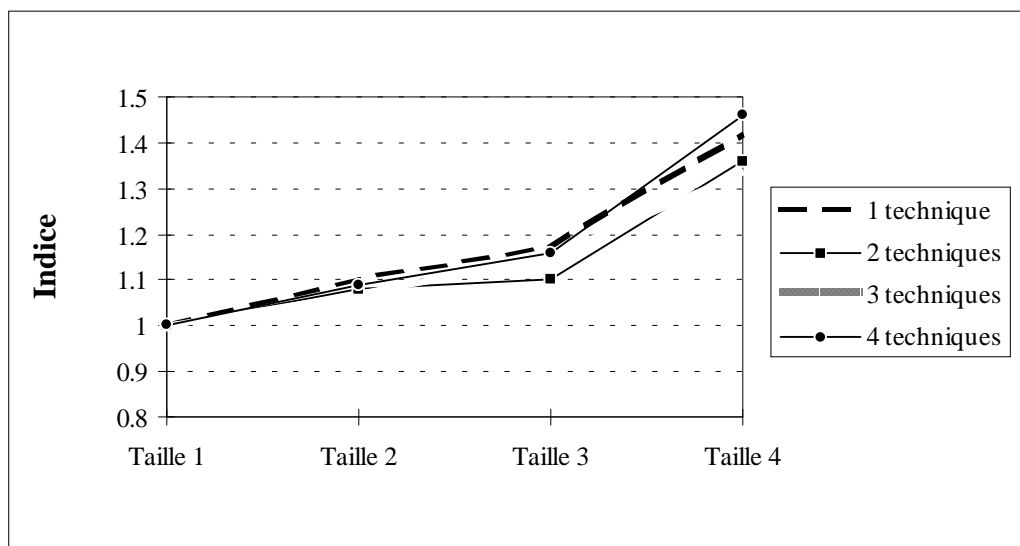
Figure 1. Salaire relatif des catégories de taille selon l'utilisation de la technologie



L'importance des techniques de pointe et de l'accroissement des compétences est bien plus grande dans les gros établissements que dans les petits. Les premiers sont plus susceptibles de faire appel à la technologie avancée, tout comme de combiner des techniques appartenant aux divers groupes fonctionnels et d'exploiter des ateliers intégrés. Ils ont plus de chances de recourir à un grand nombre de techniques avancées et aux technologies les plus perfectionnées de chaque groupe fonctionnel (voir Baldwin et Sabourin, 1995). Ainsi, quand ils adoptent des techniques de pointe, ils constatent plus souvent que leurs besoins en compétences s'accroissent. Plus

fréquemment aussi, ils instaurent des programmes de formation pour se doter des compétences dont ils ont besoin. Ils ont également plus de chances de découvrir que leurs frais de formation s'élèvent nettement après l'adoption de nouvelles technologies. Ainsi, on peut penser que l'avantage que procure aux travailleurs l'utilisation de la technologie sur le plan des compétences sera lié à la taille de l'établissement.

Figure 2. Salaire relatif des groupes utilisateurs de technologie selon les catégories de taille



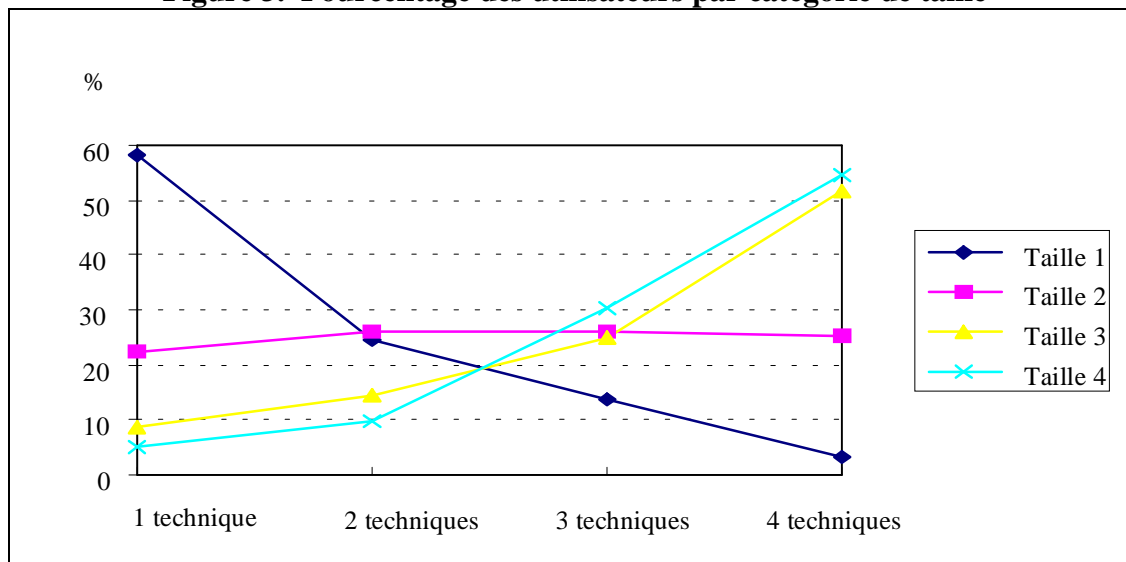
Ces hypothèses sont confirmées à la figure 2 qui met en graphique le salaire relatif sur les diverses catégories de taille pour les différents groupes utilisateurs de technologie (1 technique, 2 techniques, 3 techniques, 4 techniques). Pour chacun de ces groupes, le salaire relatif est indexé à l'unité dans la catégorie de taille la plus basse. Il augmente sur les catégories de taille pour chaque groupe utilisateur. De plus, le rapport salaire-taille ne change pas d'un groupe utilisateur à l'autre. Dans les quatre groupes, l'avantage lié à la catégorie de taille la plus haute est respectivement de 42 %, 36 %, 34 % et 46 %.

On voit aussi que les établissements les plus petits utilisent moins de techniques de pointe. À la figure 3, nous mettons en graphique la répartition des établissements de chaque catégorie de taille entre les groupes utilisateurs de technologie. Dans la catégorie de taille la plus basse, presque 60 % des établissements n'utilisent aucune technique de pointe et moins de 10 % en emploient 6 ou plus. En revanche, dans la catégorie de taille la plus haute, moins de 10 % des établissements n'en utilisent pas et presque 60 % en ont adopté au moins 6.

Tel que démontré au tableau 4, et aux figures 1 et 2, l'avantage dont jouissent les travailleurs des établissements qui exploitent un plus grand nombre de techniques de pointe varie selon le type de technologie utilisé. Les techniques peuvent être classées par groupes fonctionnels : conception et ingénierie, fabrication et montage, manutention automatisée de matières, inspection et communications, dispositifs automatiques de commande, systèmes d'information de fabrication, et intégration et contrôle. Nous présentons au tableau 5 par groupe fonctionnel le taux salarial relatif des utilisateurs de technologie, c'est-à-dire le taux salarial des utilisateurs divisé par celui des non-utilisateurs. Par utilisateurs, nous entendons les établissements qui adoptent une ou des techniques du groupe fonctionnel, les non-utilisateurs étant donc les établissements qui n'en

emploient aucune (voir le tableau 1). Outre les six principaux groupes fonctionnels, nous avons inclus les dispositifs automatiques de commande, sous-ensemble du domaine de l'inspection et des communications.

Figure 3. Pourcentage des utilisateurs par catégorie de taille



En 1989, le taux de salaire des établissements utilisateurs est supérieur à celui des établissements non utilisateurs dans tous les groupes fonctionnels. On relève l'avantage le plus grand dans le domaine de l'inspection et des communications ainsi que dans le domaine de l'intégration et du contrôle. Les établissements respectivement en cause versent en effet 28 % et 27 % de plus en salaires que ceux qui n'emploient aucune technique de pointe du domaine. On relève la différence la plus petite dans le domaine des systèmes d'information de fabrication.

Nous présentons aussi au tableau 5 les taux salariaux relatifs en 1981 des deux mêmes groupes d'établissements, ceux qui utilisaient des techniques de pointe et ceux qui n'en employaient pas en 1989. De 1981 à 1989, les salaires relatifs des établissements qui utilisaient la technologie en 1989 ont augmenté partout. L'évolution des taux salariaux relatifs pendant cette période s'explique par deux facteurs, à savoir la variation de l'effet de l'utilisation de technologies sur les salaires et la variation (surtout une augmentation) de l'intensité de cette utilisation. D'une part, l'accroissement des salaires relatifs traduit une progression salariale dans les établissements qui utilisaient la technologie tant au début qu'à la fin de la période par rapport aux établissements non utilisateurs ces deux années et, d'autre part, il est à mettre partiellement au compte de l'intensification générale de l'exploitation de la technologie qui a eu lieu pendant cette même période. Il y a des non-utilisateurs qui sont devenus utilisateurs pendant ce laps de temps et qui

Tableau 5. Taux salariaux relatifs par groupe fonctionnel, 1981 et 1989 (valeurs pondérées)

Groupe technologique	Groupe	Taux d'adoption en 1989 (pourcentage des livraisons)	Taux salarial relatif, utilisateurs/non-utilisateurs 1989	Taux salarial relatif, utilisateurs/non-utilisateurs 1981
Conception et ingénierie	1	52,1	1,22	1,16
Fabrication et montage	2	46,7	1,14	1,12
Manutention automatisée de matières	3	18,4	1,17	1,13
Inspection et communications	4	79,0	1,28	1,22
Dispositifs automatiques de commande	4a	67,1	1,28	1,21
Systèmes d'information de fabrication	5	51,2	1,11	1,08
Intégration et contrôle	6	39,8	1,27	1,19
Combinaison 1	C1	14,9	1,26	1,22
Combinaison 2	C2	22,8	1,15	1,12
Combinaison 3	C3	23,3	1,26	1,20

Note : Nous avons divisé en 7 groupes fonctionnels les 22 techniques de fabrication de pointe de l'ETF en fonction de leur utilisation en production. On dit qu'il y a utilisation de technologie dans un groupe fonctionnel quelconque quand l'établissement emploie au moins une des techniques appartenant à ce groupe. On calcule les taux de salaire par rapport à ceux des non-utilisateurs de ce groupe fonctionnel *en particulier*.

Source : Enquête sur les technologies de la fabrication de 1989 et Recensement des manufactures.

ont amélioré leurs salaires par rapport à ceux qui n'ont employé de techniques de pointe ni en 1981 ni en 1989¹⁰. De même, les utilisateurs ont intensifié leur utilisation¹¹. Ainsi, si les salaires relatifs ont augmenté de 1981 à 1989 chez ceux qui exploitaient la technologie en 1989, c'est que les établissements utilisateurs ont intensifié leur emploi de chaque technologie en cause et que l'effet de cet emploi sur les taux salariaux s'est aussi accentué.

Outre l'inégalité entre les taux salariaux pratiqués par les établissements utilisateurs et ceux des établissements non utilisateurs, on relève une variation considérable des taux parmi les établissements utilisateurs. Les salaires relatifs les plus élevés étaient versés, en début et en fin de période, par les établissements utilisant des technologies qui améliorent le travail (inspection et communications, et intégration et contrôle). Les salaires relatifs dans le cas des techniques de fabrication et de montage qui font épargner du travail comptent parmi les plus faibles dans ces deux périodes. Ajoutons que l'écart entre les techniques d'amélioration du travail et les techniques d'économie de travail s'est accru pendant les années 1980. Les avantages salariaux (taux de salaire) ont progressé relativement plus pour les techniques qui procuraient l'avantage le plus grand en 1981. Pour les deux catégories de techniques faisant économiser du travail (fabrication et montage, et manutention automatisée de matières), on relevait des avantages parmi les plus bas en 1981, ainsi que le taux d'accroissement le plus bas. Pour le domaine technologique où l'avantage initial était le plus élevé (celui des techniques d'inspection et de communications qui améliorent le travail), on observait le taux d'accroissement le plus haut.

À la figure 4, nous traçons la courbe de progression du taux salarial relatif des utilisateurs de technologie pour chaque groupe fonctionnel. Nous présentons les taux d'accroissement aussi

¹⁰ Il est probable que les établissements non utilisateurs en 1989 n'exploitaient pas non plus la technologie en 1981. Précisons cependant que les utilisateurs de 1989 ne l'étaient pas nécessairement en 1981.

¹¹ Baldwin et Sabourin (1995) ont constaté que l'exploitation de la technologie a plus gagné en intensité qu'en fréquence de 1989 à 1993, c'est-à-dire que la proportion d'établissements recourant à des techniques multiples a augmenté plus vite que celle des établissements employant une technique avancée quelconque.

bien de l'échantillon non pondéré (comptant un nombre disproportionné de grands établissements) que de la population (valeurs pondérées). Les différences entre les données pondérées et non pondérées reflètent le degré de variation dans la performance des petits et des grands établissements. Le tableau pondéré des résultats fait voir les taux d'accroissement les plus élevés dans le domaine de l'intégration et du contrôle suivi de près par le domaine des dispositifs automatiques de commande et de l'inspection et des communications. Dans l'échantillon non pondéré, ces trois catégories dominent aussi. Dans le cas des valeurs pondérées, les établissements qui font appel aux techniques de fabrication et de montage présentent un des taux d'accroissement les plus bas. La révolution de la fabrication douce attribue les gains salariaux les plus intéressants aux techniques qui améliorent le travail.

Dans un établissement, on trouve souvent un dosage des 22 techniques de pointe énumérées, car la «polytechnologie» est un phénomène fréquent. Toutefois, l'utilisation de technologies multiples n'est pas nécessairement synonyme d'intégration des usines. Les établissements intégrés sont ceux qui emploient des techniques dans chacun des secteurs de production : conception et ingénierie, fabrication et montage, inspection et communications. Pour étudier l'effet de l'intégration technologique sur les salaires, nous avons créé trois catégories interfonctionnelles (combinaisons de groupes fonctionnels) permettant de mesurer l'intégration technologique. La première catégorie d'ensemble (combinaison 1) regroupe des techniques de pointe appartenant aux cinq groupes fonctionnels : conception et ingénierie, fabrication et montage, inspection et communications, systèmes d'information de fabrication et intégration et contrôle¹². Cette combinaison représente une *exploitation complète de la technologie dans des ateliers entièrement intégrés*. La deuxième combinaison ressemble à la première, mais fait intervenir une notion quelque peu plus restreinte de l'utilisation systématique, puisqu'elle exclut les techniques d'intégration et de contrôle. Il s'agit d'une *exploitation systématique de la technologie, mais sans une pleine intégration*. La troisième combinaison comprend des *techniques intégrées dans le cadre strict de l'atelier de fabrication*. On y trouve des techniques relevant des domaines de la fabrication et du montage, des dispositifs automatiques de commande (appareils programmables et ordinateurs industriels de commande), de l'inspection et des communications, et de l'intégration et du contrôle.

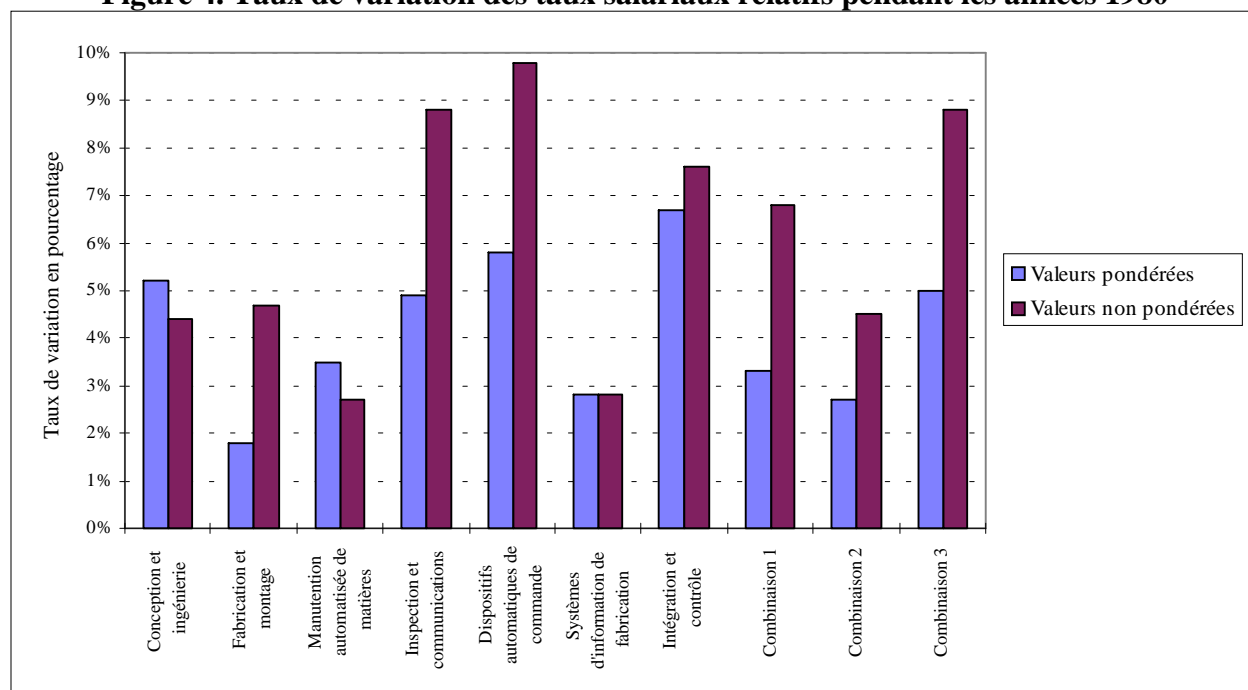
Ces combinaisons se caractérisent par les taux salariaux relatifs les plus élevés en 1989 (tableau 5). Ajoutons que l'accroissement de ces taux pendant la décennie dans les établissements exploitant ces combinaisons technologiques est généralement très marqué (figure 4), au moins pour les deux combinaisons complètes où on trouve un élément d'intégration et de contrôle. Les techniques avancées de fabrication et de montage donnent de meilleurs résultats si elles s'allient à d'autres techniques, plus particulièrement aux techniques d'intégration et de contrôle. Il est donc évident qu'une exploitation multiple de la technologie où il y a intégration de techniques relevant des divers groupes fonctionnels offre souvent des avantages particuliers et que ceux-ci ont augmenté pendant les années 1980.

Ces données semblent indiquer que les utilisateurs de technologies multiples ont été avantagés. Pour tracer la courbe ascendante des avantages d'une exploitation technologique multiple pendant les années 1980, nous avons suivi de 1981 à 1989 l'écart de salaires relatifs entre les utilisateurs de technologies multiples et les non-utilisateurs de la technologie avancée (figure 5). Nous

¹² Nous avons exclu la manutention automatisée de matières de cette définition, car l'application de ces techniques est relativement restreinte. De tous les groupes, c'est celui qui présente le taux d'utilisation le plus faible et, quand il y a utilisation, elle se trouve concentrée dans un sous-ensemble des industries de fabrication.

employons trois catégories d'utilisation multiple : 1) établissements employant 1 ou 2 techniques seulement en 1989, 2) établissements employant 3 à 5 techniques et 3) établissements employant 6 techniques ou plus. Les taux salariaux des établissements faisant partie d'une de ces catégories d'utilisation multiple augmentent pendant la décennie étudiée par rapport à ceux des établissements non utilisateurs, mais la progression est la plus marquée dans les établissements employant 6 techniques de pointe ou plus. C'est ainsi que les écarts salariaux (taux de salaire) se sont accrus au sein du groupe utilisateur pendant ces dix ans¹³.

Figure 4. Taux de variation des taux salariaux relatifs pendant les années 1980



(Note : Les taux d'accroissement sont nettement supérieurs à zéro au niveau de 5 % d'après un test unilatéral.)

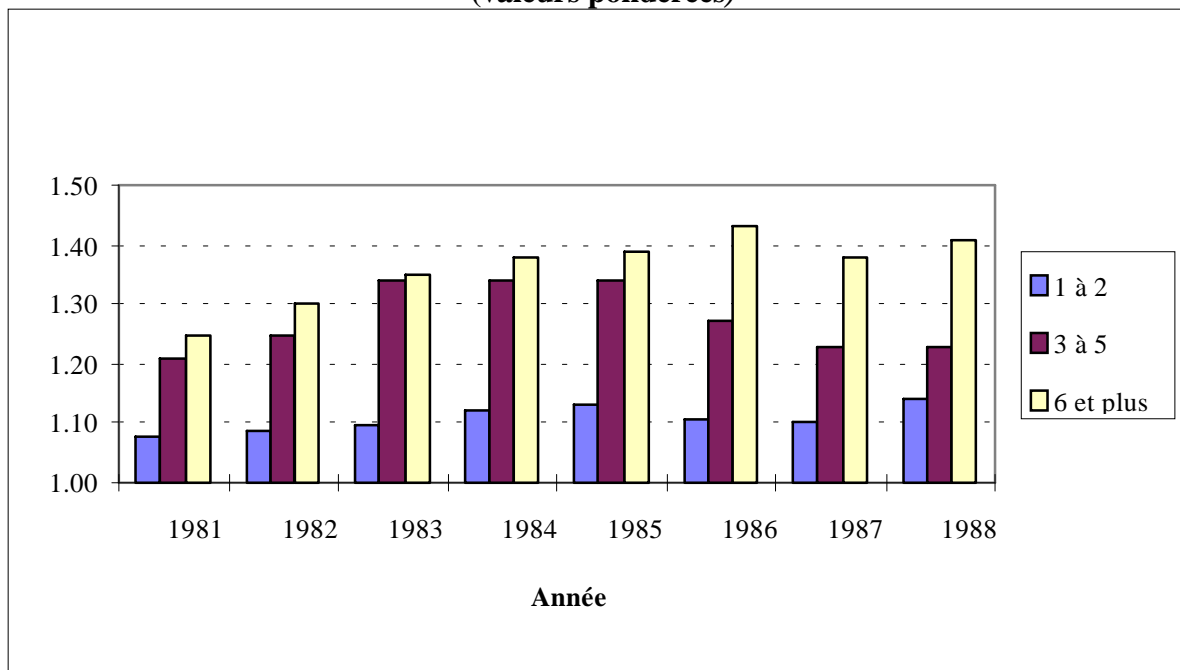
En conclusion, disons que l'utilisation de la technologie procure un avantage salarial qui sera le plus élevé dans les établissements employant le plus de techniques de pointe. Précisons enfin que les établissements exploitant des technologies qui offrent un avantage salarial relativement important au début des années 80 étaient ceux où cet avantage avait sans doute le plus augmenté au cours de la décennie.

Ces variations peuvent avoir été étroitement liées à d'autres éléments d'évolution structurelle. Il est possible que l'avantage de la taille de l'établissement ait changé et que le rapport entre salaire et utilisation de la technologie traduise tout simplement une variation de cet avantage, cette utilisation ayant un lien si direct avec la taille de l'établissement. Autre possibilité, le phénomène pourrait tenir à une variation de la propriété étrangère ou de l'intensité capitalistique, qui l'une et l'autre sont en corrélation avec l'exploitation de la technologie. Dans le reste de cet exposé, nous

¹³ La figure 5 montre que les établissements utilisant des techniques multiples à la fin de la décennie jouissaient au début de ces dix ans d'un avantage salarial qui a augmenté par la suite. Elles ne montrent pas que les établissements versant les plus hauts salaires au début de cette période sont ceux qui ont le plus accru leur recours à la technologie.

examinerons par une analyse à plusieurs variables si les avantages d'origine technologique et leur variation subsistent toujours après que l'on a pris en compte d'autres facteurs influant sur les taux de salaire des établissements.

Figure 5. Taux salariaux relatifs selon le nombre de techniques en usage (valeurs pondérées)



Note : Les taux de salaire se calculent par rapport à ceux des non-utilisateurs de technologie en 1989. Là encore, on se reporte à l'exploitation technologique en 1989 pour ranger les établissements dans les groupes d'utilisation chacune des années comprises entre 1981 et 1988.
Source : Enquête sur les technologies de la fabrication de 1989 et Recensement des manufactures.

6. Modèle et variables

a) Modèle

On pose l'hypothèse que les salaires sont fonction de la taille de l'établissement, du rapport capital-travail et d'un certain nombre de caractéristiques représentant des mesures à la fois directes et indirectes du perfectionnement technologique de l'établissement. Cette hypothèse repose sur l'idée que les salaires sont constants au travers des établissements sauf que la qualité des travailleurs varie au sein de chaque établissement. Ce sont ces caractéristiques qui mènent à l'utilisation des travailleurs relativement plus qualifiés et par conséquent, ont quelque chose à voir avec les salaires versés. On peut aussi tirer cette formulation d'une fonction de demande néoclassique de main-d'oeuvre basée sur l'hypothèse selon laquelle les travailleurs se voient payer la valeur de leur productivité marginale ainsi que de l'hypothèse d'une forme particulière de fonction de production. Ainsi, à supposer qu'on ait là une fonction de production Cobb-Douglas,

$$1) \quad Q = AK^\alpha L^\beta$$

Donc, les conditions de productivité marginale seraient

$$2) \quad \ln W = M + (\alpha + \beta - 1) \ln L + \alpha \ln(K/L)$$

où :

$\ln W$ = log du salaire annuel moyen des travailleurs de la production;

$\ln L$ = log de la main-d'oeuvre de l'établissement (emploi dans l'entreprise);

$\ln K/L$ = log du rapport capital-travail;

M = fonction de A , du prix du produit et de β .

L'équation 2 suppose que la main-d'oeuvre est homogène. Tout de même, il existe d'importantes différences dans les compétences d'un établissement à l'autre. Certaines de ces différences sont liées à la taille de l'établissement (voir Brown, Hamilton et Medoff, 1989, p. 32-26). D'autres sont présumées être fonction de l'intensité du capital de l'établissement, les types de technologies utilisés, les tendances d'innovation d'une entreprise et d'autres caractéristiques reliées au degré de perfectionnement technologique de l'entreprise. Ces caractéristiques que l'on suppose avoir un effet sur la qualité de la main-d'oeuvre sont rapporté à l'intérieur du secteur C.

Alors, l'équation du taux de salaire est,

$$3) \quad \ln W = \gamma C + (\alpha + \beta - 1) \ln L + \alpha \ln(K/L)$$

Nous présentons ici deux types de régression de cette forme. La première fait intervenir des estimations non pondérées se rapportant à l'échantillon de 3 642 établissements. Dans cet échantillon, les grands établissements sont proportionnellement plus nombreux que dans la population. Dans le second ensemble de résultats de régression, il y a une pondération «établissements» qui produit des résultats représentatifs de l'établissement moyen de fabrication. Comme la plupart des établissements sont petits, ce dernier ensemble est principalement représentatif des établissements de petite taille. Les différences entre les deux ensembles révèlent le degré de variation du lien entre salaires et technologie selon que les établissements sont grands ou petits.

Deux techniques d'estimation ont été utilisées. La première est celle des moindres carrés ordinaires. Toutefois, la technologie, le travail, et le rapport capital-travail sont susceptibles d'être endogènes. La deuxième technique permet d'utiliser le rang de chacune de ces variables comme outil pour effectuer une analyse de régression de moindres carrés ordinaires à deux étapes. Essentiellement, chaque technique produit les mêmes résultats.

b) Variables

Taux de salaire

Le logarithme du taux de salaire accordé aux travailleurs de la production sert de variable dépendante dans les régressions. On calcule le salaire annuel moyen comme le quotient de la

masse salariale de l'effectif de production et du nombre total de travailleurs en cause¹⁴. Cela équivaut au salaire moyen par travailleur en pondération «emploi». Nous recourons à une moyenne sur deux ans (1988-1989 pour 1989 et 1980-1981 pour 1981) pour lisser les mouvements aléatoires.

Taille de l'établissement et de l'entreprise

La taille de l'établissement est représentée par l'emploi dans l'établissement. Il s'agit de l'emploi total moyen sur deux ans (pour l'emploi en 1981, on prend la moyenne de 1980 et 1981 et, pour l'emploi en 1989, on prend celle de 1988 et 1989). Dans l'emploi, on tient compte aussi bien des employés que des ouvriers de production.

Nous nous reportons aussi à la taille de l'entreprise, c'est-à-dire au nombre total de travailleurs en production et hors production. Pour distinguer la taille de l'entreprise de celle de l'établissement, on calcule l'emploi dans l'entreprise comme l'emploi résiduel, c'est-à-dire comme l'effectif total de l'entreprise, moins l'effectif de l'établissement¹⁵.

Rapport capital-travail

Pour représenter le rapport capital-travail, nous employons comme indicateur le quotient des bénéfices en fabrication et de l'effectif de production, là encore en moyenne sur deux ans. Il se calcule comme la valeur totale ajoutée par l'activité, moins les salaires des employés et des ouvriers de production, valeur divisée par le nombre de travailleurs de la production.

Comme les bénéfices ne sont que le taux de rendement du capital investi ($\rho_i * K_i$), le quotient des bénéfices et du travail n'est autre que $\rho_i * K/L_i$. Tant que la concurrence égale le rendement parmi les entreprises (ρ), la variable bénéfices-travail est tout simplement le rapport capital-travail multiplié par une constante.

L'utilisation des bénéfices divisée par le travail ne traduira pas parfaitement les différences du rapport capital-travail si le taux de rendement n'est pas égal parmi les entreprises. Il se peut que les utilisateurs de technologie obtiennent un taux de rendement supérieur, auquel cas le rapport bénéfices-travail sera en corrélation avec l'utilisation de la technologie et captera en partie l'effet technologique. Une correction partielle consistera à se servir du rapport bénéfices-salaires pour représenter le rapport capital-travail. Le quotient des bénéfices et des salaires n'est autre que le rapport capital-travail multiplié par le taux de rendement divisé par le taux de salaire. Si le taux de rendement et le taux de salaire au niveau de l'établissement sont tous deux une fonction positive de l'exploitation de la technologie, le lien entre cette variable et l'utilisation de la technologie pourra être moins étroit que le rapport entre les bénéfices et le facteur de production «travail». Dans ce cas, le rapport bénéfices-salaires captera mieux le seul effet de l'intensité de travail-capital. Si dans toute notre étude nous employons le rapport bénéfices-travail, nous présentons aussi le résultat relatif au rapport bénéfices-salaires afin de montrer la sensibilité des données à l'indicateur de remplacement employé.

¹⁴ Voir dans Baldwin et Rafiqzaman (1996) un examen de l'incidence de l'utilisation de la technologie sur les différences salariales entre effectif de production et effectif hors production.

¹⁵ On définit l'emploi dans l'entreprise comme le nombre total d'emplois de tous les établissements manufacturiers, miniers ou forestiers sous un contrôle commun.

Utilisation de la technologie

Nous avons inclus les variables de la technologie pour deux raisons. D'abord, la technologie rend compte d'aspects de l'intensité capitaliste qu'une mesure pécuniaire du capital ne permet pas. Si on a l'habitude d'enfermer toute l'information sur le capital dans une mesure globale en dollars, on ne saurait capter les différences d'efficacité des machines. Si de nouvelles générations de machines coûtant à peu près autant que les précédentes sont pourtant d'un fonctionnement bien supérieur, les établissements qui ont acheté leur outillage plus récemment pourraient produire beaucoup plus pour la même valeur pécuniaire de capital. En précisant le stock de capital à l'aide de données sur les types de machines employés, on peut corriger les insuffisances d'une pure mesure en dollars.

L'exploitation de la technologie sert aussi d'indicateur de rechange des niveaux de compétence du personnel. Elle est liée au recours à une main-d'oeuvre plus qualifiée. D'autres (Mincer, 1992) ont insisté sur la complémentarité du capital matériel et du capital humain que représente la main-d'oeuvre qualifiée. Baldwin et Johnson (1995) démontrent que l'accent mis par une entreprise sur la formation est fonction de sa propension à innover sur le plan technologique. Baldwin, Gray et Johnson (1995) indiquent que les établissements sont plus susceptibles de former leur personnel s'ils emploient des techniques de pointe en fabrication. La variable de l'exploitation de technologies avancées en fabrication appréhende aussi les compétences spécifiques à l'entreprise que possède son effectif. On pourrait représenter ces compétences par les variables classiques de l'instruction si on disposait de telles données, mais à en juger par l'omniprésence des programmes de formation internes dans le domaine des techniques de pointe, les compétences en cause offrent probablement des aspects qui les distinguent de la variable des années de scolarité, qui est souvent employée.

On peut mesurer ici la technologie de deux façons, d'abord par le nombre des techniques employées et ensuite par la nature de ces techniques. Le nombre de techniques mesure l'intensité de l'utilisation dans toutes les catégories fonctionnelles¹⁶. Les établissements qui font appel à un grand nombre de techniques sont plus susceptibles d'être perfectionnés sur le plan technique. On mesure aussi l'utilisation de la technologie par le nombre de techniques employées dans un groupe fonctionnel. Ici, les 22 techniques de pointe pour lesquelles on a recueilli des données dans le cadre de l'ETF se répartissent en 6 groupes fonctionnels selon les stades de l'activité de production : conception et ingénierie, fabrication et montage, manutention automatisée de matières, inspection et communications, systèmes d'information de fabrication et techniques d'intégration et de contrôle. Nous employons dans la régression 6 variables binaires dont chacune représente le recours à une technique *quelconque* dans un groupe fonctionnel.

Autres caractéristiques des établissements

Nous prévoyons un certain nombre de caractéristiques supplémentaires pour capter d'autres facteurs que l'on sait liés aux taux de salaire, à savoir l'âge de l'établissement et l'appartenance à une entreprise à établissements multiples (Davis et Haltiwanger, 1991). Nous posons chacune de

¹⁶ Alternativement, quatre catégories numériques ont été utilisées: 0, 1 à 2, 3 à 5, 6 ou plus. Comme on n'a pas relevé de problèmes sérieux de non-linéarité, on a réuni les catégories en une seule variable, celle du nombre de techniques de pointe.

ces caractéristiques afin de représenter un aspect des différences technologiques dont ne rendent pas compte les autres variables et donc pour qualifier le paramètre de l'efficacité (A) de la fonction de production dans l'équation n° 1. Voici ces diverses variables :

Âge

Les établissements plus anciens sont ceux qui ont réussi à survivre. En moyenne, ils auront accumulé un savoir leur permettant d'employer les mêmes machines avec plus d'ingéniosité ou d'avoir développé une main-d'oeuvre plus qualifiée. Nous nous servons d'une variable binaire pour classer les établissements en fonction de leur âge. Nous attribuons la valeur un aux établissements créés avant 1970 et la valeur zéro aux établissements plus jeunes¹⁷.

Diversification

Pour exploiter des technologies avancées, il faut diverses compétences organisationnelles complexes. On a plus de chances d'observer ces compétences dans une entreprise à établissements multiples où l'équipe technique de production a une maîtrise plus polyvalente des activités. Ainsi, on suppose que les entreprises disposent de compétences poussées si elles sont diversifiées. Nous captions ici la diversification à l'aide d'une variable binaire pour les entreprises à établissements multiples. Nous attribuons la valeur un à l'établissement qui fait partie d'une entreprise à établissements multiples appartenant à la même catégorie à 4 chiffres de la Classification type des industries. Nous donnons la valeur zéro à tous les autres établissements.

Innovation

Dans certaines branches d'activité, les établissements auront sans doute besoin de compétences plus poussées, car ces industries exercent des activités plus complexes en innovation et en technologie. Pour représenter cet effet, nous incluons dans la régression une variable binaire distinguant les industries innovatrices de celles qui innoveront moins. Ce classement vient de Robson et coll., (1988) qui, dans leur étude des différences de tendances d'innovation dans les industries à 2 chiffres, rangent celles-ci dans trois groupes principaux. Les deux premiers, que l'on définit ici comme ceux des industries innovatrices, créent la majorité des nouveautés technologiques. Les secteurs qui innoveront davantage sont ceux des produits électriques et électroniques, de la chimie et de ses produits, des machines, du raffinage du pétrole et de la houille, du matériel de transport, des produits du caoutchouc, des produits minéraux non métalliques, des plastiques, des métaux semi-ouvrés et des métaux de première transformation. Le groupe qui innove moins se compose des industries du textile, du papier, du bois, du vêtement, du cuir, des boissons, des aliments, des meubles et articles d'ameublement, et de l'impression et de l'édition.

Contrôle étranger

On se reporte à la nationalité d'un établissement pour représenter d'autres compétences que l'on suppose en corrélation positive avec la capacité de l'entreprise à exploiter les avantages de la technologie avancée. Les multinationales sont le canal par lequel le savoir scientifique difficile à

¹⁷ L'échantillon comprend un nombre relativement petit d'établissements qui ont vu le jour pendant les années 1980.

transférer passe de pays en pays (Caves, 1982). Cela tient en partie à l'avantage inhérent à l'information que les entreprises de ce type sont seules à posséder. Pour capter les avantages des établissements appartenant à des intérêts étrangers, nous employons une variable binaire égale à un si l'établissement de fabrication se trouve sous contrôle étranger et égale à zéro dans tout autre cas.

7. Résultats

a) Taux de salaire en 1989

Nous présentons les résultats de la régression au tableau 6. Dans la première colonne figure le scénario de base, c'est-à-dire la version moindres carrés ordinaires (MCO) non pondérée avec les variables de la taille de l'établissement, du rapport capital-travail, du nombre de techniques et des caractéristiques de l'établissement. À la colonne 2, nous ajoutons la taille de l'entreprise. La colonne 3 est la version pondérée de la colonne 1. À la colonne 4, on trouvera la version en équations simultanées de la colonne 1 avec les variables du nombre de techniques, de la taille de l'établissement, du rapport capital-travail et du taux de salaire, que l'on tient toutes pour des variables endogènes.

Les résultats viennent corroborer d'autres constatations selon lesquelles le taux salarial dépend à la fois de la taille de l'établissement (Mellow, 1982; Brown et Medoff, 1989) et du rapport capital-travail (Davis et Haltiwanger, 1991). Toutefois, même après prise en compte de ces deux variables, on voit que le nombre de techniques est en corrélation positive avec le taux salarial. L'existence d'une technologie avancée, tant comme mesure directe de l'efficacité du capital de l'établissement que comme mesure de la présence de compétences particulières, se trouve liée à un avantage salarial pour les travailleurs de la production¹⁸.

Les résultats confirment aussi les hypothèses posées au sujet de l'incidence d'autres caractéristiques de l'établissement. L'avantage salarial est de 2,4 % dans les établissements plus anciens, de 14,7 % dans les établissements plus diversifiés, de 5,9 % dans les établissements sous contrôle étranger et de 10,3 % dans les établissements se trouvant dans des industries qui innovent davantage. Tous les coefficients sauf celui de l'âge sont très significatifs.

Si on ajoute l'emploi dans l'entreprise à la régression (colonne 2, tableau 6), l'effet tant de la propriété étrangère que de la diversification est moindre, parce que le plus souvent les grandes entreprises appartiennent à des intérêts étrangers et comptent plusieurs établissements (Baldwin et Diverty, 1995). En incluant l'emploi dans l'entreprise comme variable de la taille, on capte ces effets en partie.

Tableau 6. Taux de salaire et utilisation de la technologie, 1989

Variable	Moindres carrés ordinaires			Variables instrumentales
	Valeurs non pondérées	Valeurs non pondérées	Valeurs pondérées	Valeurs non pondérées

¹⁸ Quand on se sert du rapport bénéfices-salaires comme indicateur de rechange du rapport capital-travail, l'effet de la technologie augmente comme on pouvait le prévoir.

Coordonnée à l'origine	9,60	***	9,64	***	9,78	***	9,37	***
Âge	0,024	*	0,020		0,045	***	0,025	*
Propriété étrangère	0,059	***	0,025	**	0,084	***	0,035	***
Industrie innovatrice	0,103	***	0,099	***	0,072	***	0,096	***
Entreprise à établissements multiples	0,147	***	0,035	**	0,109	***	0,136	***
Utilisation de la technologie	0,012	***	0,011	***	0,012	***	0,013	***
Rapport capital-travail	0,018	***	0,017	***	0,004	***	0,048	***
Taille de l'établissement	0,041	***	0,028	***	0,028	***	0,031	***
Taille de l'entreprise	---	---	0,024	***	---	---	---	---
R^2 corrigé	0,26		0,290		0,155		0,284	
F	182,7	***	184,5	***	94,6	***	204,5	***

* valeur significative au niveau de 10 %; ** valeur significative au niveau de 5 %; *** valeur significative au niveau de 1 %

Les résultats en pondération «établissements» (colonne 3, tableau 6) pour l'incidence de la technologie sur les salaires ressemblent fort aux résultats non pondérés. Ainsi, l'effet de la technologie sur les salaires est à peu près le même pour les petits et les grands établissements. Les coefficients de l'âge et de la propriété augmentent dans la version pondérée, ce qui démontre qu'ils influent davantage sur les salaires dans les petits établissements.

De même, on ne relève guère de différence entre les résultats MCO et les résultats des variables instrumentales sauf pour le coefficient du rapport capital-travail. C'est pourquoi nous ne présentons dans le reste de cet exposé que les résultats MCO.

Dans une étude réalisée aux États-Unis, Davis et Haltiwanger (1991) ont eu des résultats semblables pour un grand nombre de ces variables. Ils ont constaté que les salaires étaient supérieurs dans les établissements plus grands, plus anciens ou utilisant plus de capital, ainsi que dans ceux qui faisaient partie d'une entreprise à établissements multiples. Il existe plusieurs explications de l'avantage de la taille¹⁹. Une première est que les gros établissements recourent à une main-d'oeuvre de meilleure qualité (et versent donc des salaires supérieurs) en raison d'une plus grande intensité capitaliste. Une autre explication fait intervenir les frais de surveillance, les grands établissements embauchant des travailleurs de meilleure qualité pour réduire les frais de surveillance par unité de services de main-d'oeuvre. Il se peut aussi que les grands établissements emploient des technologies exigeant plus de collaboration et d'uniformisation que les techniques appliquées par les petits établissements, d'où la nécessité de trouver des travailleurs de meilleure qualité.

Dunne et Schmitz (1995) parlent aussi des avantages salariaux de la taille. De même, ils constatent que le nombre de technologies et la pluralité d'établissements dans l'entreprise sont deux facteurs déterminants des taux de salaire des établissements. Comme ils ne se reportent pas à la valeur pécuniaire du capital comme variable distincte dans leur modèle, l'effet de la technologie dans cette formulation pourrait constituer un indicateur de rechange à cette mesure classique de l'intensité capitaliste. D'après nos résultats, la technologie a une influence marquée sur les taux de salaire même après prise en compte de la valeur pécuniaire du capital.

¹⁹ Groshen (1991) signale aussi l'existence d'un avantage de la taille après prise en compte des différences mesurables des caractéristiques des travailleurs. Morissette (1993) a fait les mêmes constatations au Canada.

Ces résultats indiquent que les salaires augmentent avec le nombre de techniques utilisées. Pour découvrir quels groupes fonctionnels font monter le plus les salaires quand d'autres caractéristiques des établissements sont prises en compte, nous avons soumis les taux salariaux à une régression en fonction des mesures de l'intensité d'utilisation de la technologie pour chacun des six groupes fonctionnels et le même ensemble de caractéristiques des établissements. Là encore, la propriété étrangère, la pluralité des établissements et la propension à innover ont un effet positif sur les taux salariaux pratiqués pour les travailleurs de la production, tout comme le rapport capital-travail et la taille de l'établissement. Comme les coefficients de chacune de ces variables ressemblent fort à ceux que nous avons déjà mentionnés, seuls les coefficients se rapportant à l'intensité de l'exploitation technologique dans chacune des catégories fonctionnelles figurent au tableau 7. Nous présentons les résultats non pondérés (prédominance des grands établissements) et pondérés (population).

Tableau 7. Taux de salaire et type de technologie utilisé, 1989

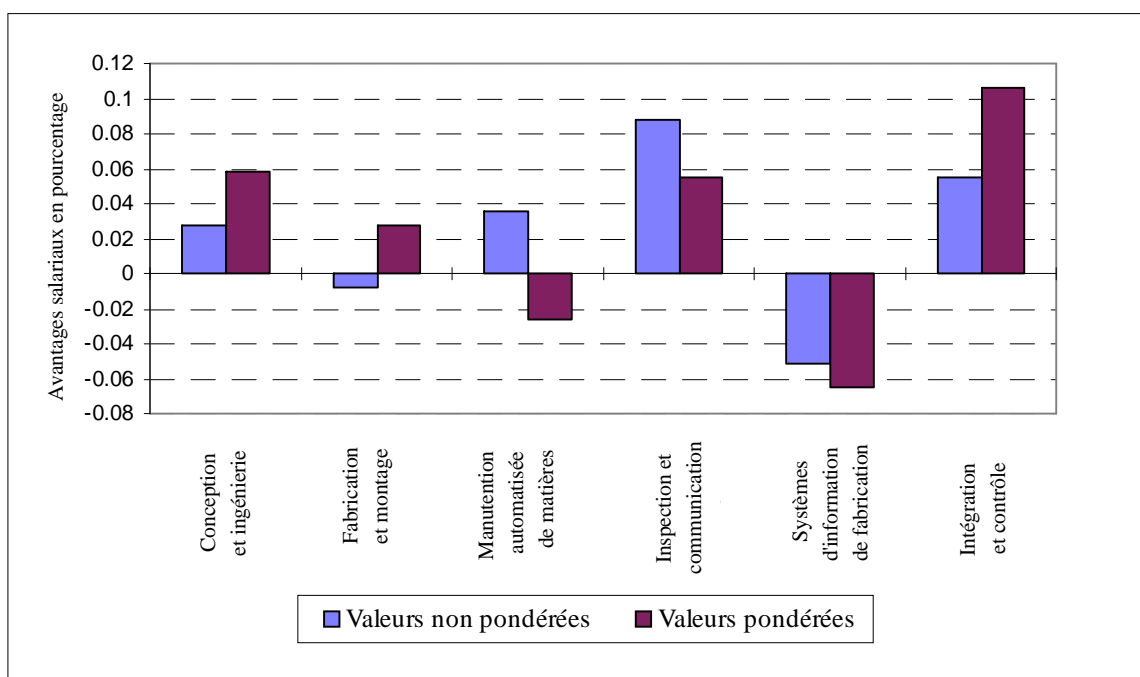
Type de technologie utilisé	Valeurs non pondérées		Valeurs pondérées	
	coefficient	signification	coefficient	signification
Conception et ingénierie	0,027	**	0,058	***
Fabrication et montage	-0,008		-0,028	**
Manutention automatisée de matières	0,035	*	0,026	
Inspection et communications	0,088	***	0,055	***
Systèmes d'information de fabrication	-0,051	***	-0,065	***
Intégration et contrôle	0,055	***	0,106	***
<i>R² corrigé</i>	0,273		0,174	

* valeur significative au niveau de 10 %, ** valeur significative au niveau de 5 %, *** valeur significative au niveau de 1 %

Dans les résultats relatifs aux grands établissements, le recours à des techniques se rattachant aux domaines de l'inspection et des communications, de l'intégration et du contrôle, de la conception et de l'ingénierie, et de la manutention automatisée de matières a une incidence positive et significative sur le taux de salaire des travailleurs de la production. Dans ces établissements, le plus grand effet positif est lié aux deux catégories de techniques qui améliorent le travail, à savoir celles de l'inspection et des communications et de l'intégration et du contrôle. Le plus petit effet positif est produit par les techniques de conception et d'ingénierie. En fait, les salaires ne sont pas plus élevés dans les établissements appliquant les technologies de fabrication et de montage que dans ceux qui ne les emploient pas²⁰. Pour chacun de ces groupes technologiques (voir la figure 6), les effets, qui tiennent compte de l'incidence des autres caractéristiques des établissements, sont qualitativement identiques à ceux que décrivent les totalisations du tableau 5.

Figure 6. Avantages salariaux dégagés par l'analyse à plusieurs variables

²⁰ La prise en compte de la taille de l'entreprise n'a aucun effet significatif sur les coefficients de l'utilisation de la technologie dans chacune des catégories fonctionnelles.



Dans les résultats pondérés, l'effet de la conception et de l'ingénierie, de la fabrication et du montage, et de l'intégration et du contrôle est toujours plus élevé. L'effet de l'inspection et des communications est un peu moindre, bien qu'étant aussi important que dans les autres groupes fonctionnels. On relève aussi un effet négatif de la fabrication et du montage dans les résultats relatifs à la population tout entière sur les taux de salaire une fois que l'on a tenu compte de l'effet de l'utilisation de chacune des autres techniques sur les salaires.

8. Comparaison des effets technologiques en 1989 et 1981

a) Méthodologie

Il est particulièrement intéressant de voir dans quelle mesure l'évolution dans le temps de la structure salariale (taux de salaire) peut être liée à l'utilisation de la technologie. Pour étudier ce phénomène, nous avons recours à une régression qui, par sa forme, est identique à celle dont nous nous sommes servis à la section précédente et nous groupons les observations sur les taux salariaux et les caractéristiques des établissements en 1981 et 1989²¹. Cette régression prend la forme suivante :

$$4) \ln W_{it} = F(Y_{it}) = \gamma_t C_{it} + (\alpha + \beta - 1)_t \ln L_{it} + \alpha_t \ln(K/L)_{it}$$

²¹ Nous procédons à la déflation des salaires de 1989 aux niveaux de 1981 à l'aide du rapport entre la moyenne du ratio du logarithme des taux salariaux annuels en 1989 et cette même moyenne en 1981. De même, le ratio 1989-1981 des bénéfices rapportés au stock de capital nominal a permis la déflation des rapports individuels bénéfices-travail des établissements en 1989. Une seconde mesure de "capital réel" a aussi été utilisée. Cette mesure est le résultat d'un ajustement de la valeur des bénéfices qui tient compte de l'inflation de la production selon le secteur d'activité. Ces résultats sont essentiellement les mêmes que ceux de la première mesure de capital réel et ne sont donc pas présentés ici.

où Y_i est le vecteur $(C_i, L_i, K/L_i)$, $i=1,2,3...7$ 232 et $t=1,2$.

La régression groupée présentée au tableau 7 a la forme suivante

$$5) \ln W_{it} = F(Y_{it}) + \delta_i F(Y_{it}) * D_1$$

où D_1 prend la valeur de 1 si l'observation se rapporte à 1989 et de 0 si elle se rapporte à 1981. Si le coefficient δ_i diffère de zéro, cette caractéristique a des effets différents sur la structure salariale en 1989 et 1981. On mesure toutes les variables sauf celle de la technologie aussi bien en 1989 qu'en 1981. Il n'est possible de mesurer l'exploitation de la technologie qu'en 1989, puisque c'est l'année de l'enquête consacrée aux aspects technologiques. Le coefficient de la variable de la technologie à l'équation 4 mesure comment la structure salariale a évolué de 1981 à 1989 dans les établissements qui exploitaient la technologie en 1989. Comme nous l'avons déjà signalé, il capte les deux causes de la polarisation salariale, à savoir les variations de la structure salariale selon les catégories de technologie et les mouvements de l'intensité de l'exploitation technologique.

b) Résultats

Nous présentons au tableau 8 les résultats des régressions groupées. Nous ne mentionnons ici que les résultats pondérés. Les coefficients des termes de l'interaction d'une caractéristique et de la variable binaire de l'année représentent les différences d'effet sur la structure salariale entre 1989 et 1981. Nous ne tenons compte que des caractéristiques ayant un terme d'interaction significatif, c'est-à-dire un effet différent en 1989. La propriété étrangère, l'existence d'un milieu d'innovation, l'âge et la diversification ont la même incidence sur le taux de salaire aux deux périodes; autrement dit, leurs termes d'interaction ne sont pas significatifs.

Si l'équation du taux de salaire est correctement identifiée et estimée afin de produire des coefficients représentant l'inverse de la fonction de demande, les termes d'interaction représentent uniquement les déplacements de la demande. Cependant, si l'équation du taux de salaire reflète principalement la façon dont les différences de qualité affectent le taux de salaire moyen, les coefficients mesurent à la fois les effets de la demande et de l'offre. L'équation du taux de salaire a la forme d'un indice de prix hédonistique dont les coefficients sont déterminés conjointement par des fonctions d'offre et de demande (voir Bartik, 1987). Les coefficients d'interaction reliés aux caractéristiques de l'entreprise, telle que la taille, peuvent augmenter soit parce que la demande d'une certaine qualité de main-d'oeuvre associée aux entreprises de cette caractéristique est à la hausse (c'est-à-dire, les grandes entreprises exigent des travailleurs plus qualifiés), ou parce que l'offre de ce type de main-d'oeuvre est devenue relativement plus dispendieuse²².

²² Considérons un monde avec deux types de main-d'oeuvre, qualifiée (S) et non qualifiée (U) où les établissements font face à une offre parfaitement élastique de chaque type de main-d'oeuvre aux taux de salaire W_s et W_u , où $W_s > W_u$. Le taux de salaire moyen (\bar{w}) dans un établissement où α est la proportion de travailleurs qualifiés et où α dépend de la caractéristique X est :

$$\bar{w} = (1 - \alpha) W_u + \alpha W_s, \text{ où } \alpha = f(X)$$

À la première colonne du tableau 8, on se reporte uniquement au nombre de techniques de pointe pour représenter le perfectionnement technologique. À la deuxième, on divise les techniques entre celles qui améliorent le travail (inspection, communications, intégration et contrôle) et toutes les autres (conception, fabrication et montage, systèmes d'information de fabrication). À ces deux colonnes, on vérifie si la technologie a changé la structure salariale (taux de salaire) d'une manière indépendante de la taille et de l'intensité capitaliste de l'établissement, puisque l'utilisation de la technologie est seulement en interaction avec une variable binaire de l'année représentant la seconde période. À la troisième colonne, on examine dans quelle mesure la productivité marginale des facteurs a changé dans les établissements faisant un usage plus intense des techniques de pointe, cette utilisation étant en interaction avec les deux variables «capital-travail» et «taille».

Dans la première équation (colonne 1, tableau 8), le terme d'interaction entre la seconde période et le nombre de techniques est positif et significatif au niveau de 10 %. C'est l'indice que la pente de la relation entre le nombre de techniques employées et les salaires s'est accentuée pendant la décennie ou que les entreprises exploitaient plus de technologies en 1989 qu'en 1981. Les deux autres termes d'interaction ayant une incidence bien différente en 1989 qu'en 1981 sont ceux de l'emploi (taille de l'établissement) et du rapport capital-travail. Le coefficient du terme d'interaction de l'année et du rapport capital-travail est négatif, mais celui du terme d'interaction de l'année et de la taille est positif. Comme le coefficient du rapport capital-travail représente le produit marginal du capital (α) dans la fonction de production Cobb-Douglas, c'est dire que la productivité du capital a diminué pendant la période. Comme le coefficient du travail à l'équation 4 représente le coefficient d'échelle ($\alpha+\beta-1$) et que α a baissé, l'augmentation de $\alpha+\beta-1$ veut dire qu'il y a eu augmentation du produit marginal du travail β . D'autre part, si le coefficient de travail est simplement interprété comme captant les effets de la taille de l'entreprise en tant qu'estimateur hédonistique du taux de salaire moyen, ces résultats suggèrent que la demande pour le genre de compétences trouvé dans les grandes entreprises a augmenté ou que ces compétences sont devenues plus difficiles à trouver²³.

Que le terme d'interaction de la variable binaire de l'année 1989 et de la variable du nombre de techniques soit significatif dans une faible mesure seulement ne montre pas que l'effet de la technologie a été constant pendant la décennie, mais plutôt que si on se reporte au nombre de techniques sans préciser leur nature, on occulte largement ce qui s'est véritablement passé. Comme nous l'avons déjà signalé, les techniques d'inspection et de communications et d'intégration et de contrôle ont un effet plus marqué sur les salaires que les autres techniques.

définissant W_u comme étant le numéraire, c.-à-d., $W_u = 1$

$$\hat{w} = 1 + \alpha (W_r - 1) \text{ où } W_r = W_s / W_u \text{ et } \hat{w} = w / W_u$$

$$\text{Alors } * \hat{w} / *t = \frac{\delta \alpha}{\delta t} \cdot (W_r - 1) + \alpha * W_r / *t$$

Les coefficients estimés mesurent alors l'effet d'une variation dans l'influence de X (c.-à-d., taille de l'établissement) sur la proportion de travailleurs qui sont qualifiés de même que l'augmentation du salaire relatif des travailleurs qualifiés comparativement aux travailleurs non qualifiés.

²³ Ce dernier est peu probable car selon Freeman et Needels (1993) les écarts de compétences n'ont pas beaucoup augmenté au Canada durant les années 80.

Ainsi, nous avons scindé l'exploitation technologique en deux catégories : nombre de techniques employées dans les domaines de l'inspection et des communications et de l'intégration et du contrôle (NUMCOMM); nombre de techniques employées dans tous les autres groupes fonctionnels (NUMOTHER). On trouvera à la colonne 2 du tableau 8 ces deux variables avec les termes d'interaction d'année appropriés. En 1981, dans l'une et l'autre de ces catégories, le recours à la technologie a eu à peu près le même effet, mais les termes d'interaction de 1989 sont positifs d'une manière significative pour les techniques qui améliorent le travail (NUMCOMM) et négatifs d'une manière significative pour le reste des techniques (NUMOTHER), d'où la confirmation que les premières ont été liées à une augmentation des taux salariaux relatifs.

Pour vérifier si la productivité du travail ou du capital avait évolué en proportion directe du nombre de techniques employées, nous avons pris en compte des termes d'interaction, c'est-à-dire le nombre de techniques (NUMCOMM, NUMOTHER) en usage multiplié par la variable du travail et le rapport capital-travail en 1989. Le coefficient de ces variables mesure si la variation du produit marginal du travail ou du capital a été particulièrement importante dans les établissements ayant utilisé des techniques plus avancées en 1989. Cela pourrait s'expliquer soit par l'adjonction de techniques pendant la période, soit par une évolution de l'effet des techniques de pointe sur le taux de salaire.

Ces termes d'interaction sont hautement significatifs (tableau 8). Le coefficient de l'interaction du rapport capital-travail et de la technologie en 1989 est négatif pour NUMCOMM, mais positif pour NUMOTHER. L'interaction travail-technologie en 1989 est positive pour NUMCOMM et négative pour NUMOTHER, d'une manière significative dans les deux cas. Ainsi, la productivité du travail s'est accrue d'une manière significative là où des techniques de pointe qui améliorent le travail étaient en usage. Par contre, l'inverse prévaut pour les techniques d'économie de travail²⁴. Comme nous l'avons déjà exposé, les techniques d'amélioration du travail sont plus répandues que les techniques d'économie de travail.

²⁴ Dans l'échantillon non pondéré (prédominance des grands établissements), tout indique que NUMCOMM a un effet positif sur les salaires en 1981 et un effet nettement supérieur en 1989 (terme d'interaction d'année positif) et que NUMCOMM et NUMOTHER ont le même effet différentiel sur la productivité marginale du travail et du capital selon le tableau 8.

Tableau 8. Données de groupement, taux de salaire et utilisation de la technologie (valeurs pondérées)

Coordonnée à l'origine	9,29		9,29		9,29	
Âge	0,043	***	0,040	***	0,043	***
Propriété étrangère	0,048	***	0,046	***	0,048	***
Entreprise innovatrice	0,069	***	0,071	***	0,070	***
Entreprise à établissements multiples	0,115	***	0,112	***	0,112	***
Utilisation de la technologie						
Nombre de techniques en usage («Number»)	0,007	***	---	---	---	---
Variable binaire de l'année* «Number»	0,004	*	---	---	---	---
Nombre de techniques de communications et d'intégration (Numcomm)			0,006	*	0,005	*
Variable binaire de l'année* «Numcomm»	---	---	0,018	***		
Nombre d'autres techniques («Numother»)	---	---	0,007	**	0,007	**
Variable binaire de l'année * «Numother»	---	---	0,010	**		
Variable binaire de l'année	0,063	***	0,067	***	0,064	**
Rapport capital-travail						
Log du rapport capital-travail	0,018	***	0,018	***	0,018	***
Variable binaire de l'année* rapport capital-travail	-0,013	***	-0,013	***	-0,014	***
«Numcomm»* variable binaire* rapport capital-travail	---	---	---	---	-0,002	***
«Numother»* variable binaire* rapport capital-travail	---	---	---	---	0,006	***
Taille de l'établissement						
Log de l'emploi dans l'établissement	0,016	***	0,017	***	0,017	***
Variable binaire de l'année* log de l'emploi dans l'établissement	0,010	*	0,008	*	0,012	**
«Numcomm»* variable binaire de l'année* log de l'emploi dans l'établissement	---	---	---	---	0,009	***
«Numother»* variable binaire de l'année* log de l'emploi dans l'établissement	---	---	---	---	-0,016	***
F	167,29		97,41		87,68	
R ² corrigé	0,150		0,153		0,158	

* valeur significative au niveau de 10 %; ** valeur significative au niveau de 5 %; *** valeur significative au niveau de 1 %

Ainsi, les techniques décrites comme améliorant le travail ont bel et bien un effet d'augmentation du travail dans les établissements utilisateurs de techniques de pointe²⁵. Les salaires des travailleurs de la production ont augmenté dans les établissements ayant employé de nouvelles technologies d'amélioration du travail. La progression est fonction du nombre de techniques avancées, et notamment de techniques améliorant le travail, qui ont été intégrées aux procédés de production.

²⁵ La variation d'augmentation du travail est liée à une fonction de production du type suivant : $Q = F(K, H(t)*L)$. Quand H augmente en t, le produit marginal de L s'accroît dans le temps.

Jusqu'ici l'analyse relève de l'évaluation d'une fonction de demande de travail basée sur une formulation simple mais robuste d'une fonction de production. Afin d'examiner la sensibilité des résultats, une fonction plus complexe du type fonction de production translog est substituée à la fonction Cobb-Douglas et une équation de part salariale est alors estimée.

Si on pose une fonction de production translog sous la forme suivante :

$$6) \ln Q_i = A + \beta_0 \ln L_i + \beta_1 (\ln L_i)^2 + \alpha_0 \ln K_i + \alpha_1 \ln (K_i)^2 + \beta_2 \ln L_i * \ln K_i$$

Alors, si on suppose que le taux de salaire est égal au produit de recette marginale, l'équation de part salariale peut ainsi s'écrire :

$$7) W_{it} \theta_{Lit/Qit} = \beta_0 + 2\beta_1 \ln L_{it} + \beta_2 \ln K_{it} \text{ ou}$$

$$8) W_{it} \theta_{Lit/Qit} = \beta_0 + (2\beta_1 + \beta_2) \ln L_{it} + \beta_2 \ln K_{it} / Lit$$

Nous faisons également intervenir ici les caractéristiques des établissements (âge, propriété nationale ou étrangère, diversification de la société mère et milieu industriel) que nous avons auparavant ajoutées en vue de capter l'efficacité. Nous avons ensuite estimé l'équation 8 sur les données de groupement comme avant avec le nombre de techniques en interaction avec la variable binaire de l'année 1989, le travail et le rapport capital-travail. Nous présentons les résultats au tableau 9 tant en valeurs non pondérées (prédominance des grands établissements) qu'en valeurs pondérées (population).

Le coefficient négatif du rapport capital-travail -- β_2 (-0,10)--indique que capital et travail sont en substitution. Le terme positif d'interaction de cette même variable et de la variable binaire de 1989 montre que cette interchangeabilité décroît pendant la décennie 1980, que travail et capital deviennent plus complémentaires. Le paramètre lié au terme d'interaction des techniques et du rapport capital-travail est négatif et tend donc à réduire cet effet, mais seulement en partie. Le coefficient du terme d'interaction de la taille et de l'année est positif, ce qui indique que l'incidence de la taille sur la productivité marginale du travail augmente pendant la décennie.

Bref, si on élargit l'analyse en fonction d'un cadre plus complexe, on confirme que la technologie avancée a agi positivement sur le produit marginal du travail et a rendu capital et travail plus complémentaires.

Tableau 9. Données de groupement, part salariale et utilisation de la technologie

Variable	Valeurs non pondérées		Valeurs pondérées	
Coordonnée à l'origine	1,47		1,45	
Âge	-0,018	*	-0,020	*
Propriété étrangère	-0,035	***	-0,046	***
Entreprise innovatrice	0,006		0,022	***
Entreprise à établissements multiples	-0,024	***	-0,080	***
Utilisation de la technologie				
Nombre de techniques en usage	0,001		0,005	***
Variable binaire de l'année* nombre de techniques	0,011		-0,010	
Variable binaire de l'année	-0,033		-0,046	
Rapport capital-travail				
Log du rapport capital-travail	-0,107	***	-0,096	***
Variable binaire de l'année* rapport capital-travail	0,008	**	0,006	**
Nombre de techniques* variable binaire de l'année* rapport capital-travail	-0,003	***	-0,001	
Taille de l'établissement				
Log de l'emploi dans l'établissement	-0,012	***	-0,029	***
Variable binaire de l'année* log de l'emploi dans l'établissement	0,000		0,016	**
Nombre de techniques* variable binaire de l'année* log de l'emploi dans l'établissement	0,003	***	0,003	**
F	448,6		395,8	
R ² corrigé	0,453		0,422	

* valeur significative au niveau de 10 %; ** valeur significative au niveau de 5 %; *** valeur significative au niveau de 1 %

9. Conclusions

Dans ce document, nous avons examiné dans quelle mesure la technologie avancée est liée à l'augmentation du capital humain dans la population active. Des travaux antérieurs ont fait voir que l'utilisation de la technologie accroît les besoins en compétences. Ces dernières sont si rares que les établissements qui se dotent de techniques de pointe réalisent des programmes spéciaux de formation pour combler leurs besoins professionnels, activités qui font monter les coûts de formation.

Dans cet exposé, nous avons constaté que la structure salariale est supérieure dans les établissements qui adoptent des technologies avancées. Cette constatation ne dépend pas de la stratégie de recherche appliquée. Que l'on se serve de simples totalisations des différences entre les deux groupes ou d'une analyse à plusieurs variables, on voit que les salaires sont liés à l'exploitation de la technologie. Compte tenu de la taille, de l'âge, de l'intensité capitaliste, de la diversité et de la nationalité, l'intensité de cette exploitation est un puissant facteur déterminant des taux de salaire des travailleurs de la production. Dans les établissements utilisateurs de technologie, des salaires supérieurs récompensent les compétences supérieures permettant d'exploiter les nouvelles technologies et servent aussi à attirer les compétences rares.

Aspect tout aussi important, la structure n'est pas la même en 1989 et en 1981 dans les établissements utilisateurs et non utilisateurs. Ceux qui emploient des techniques de pointe en fabrication en 1989 ont vu pendant cette décennie leurs salaires progresser plus que ceux des établissements non utilisateurs. Cela vaut particulièrement pour les nouvelles technologies qui améliorent le travail. Ce qui est encore plus important, c'est que cette progression est en corrélation positive avec la taille. Ce sont les grands établissements utilisateurs qui ont le plus élevé leurs salaires.

Si dans ce document il nous est impossible de distinguer l'effet d'une intensification technologique de celui d'une évolution de l'incidence de la technologie sur les salaires au niveau micro-économique, rien n'empêche cependant de conclure qu'une évolution technologique qui augmente les compétences s'est produite. Cette transformation s'opère aussi bien quand un plus grand nombre d'établissements adoptent des techniques de pointe ayant pour effet de relever la productivité du travail que quand l'incidence de la technologie sur les salaires s'accroît. Dans l'un et l'autre cas, une augmentation des compétences est liée au recours à la technologie avancée.

L'association entre l'utilisation de la technologie et la progression des salaires que nous avons décrite peut être un reflet de la révolution technologique. De nouvelles techniques voient sans cesse le jour. Leur diffusion prend du temps. Ces données ont pu simplement avoir tracé la trajectoire de l'introduction de nouvelles techniques dans la population des établissements. Il se peut aussi bien que le lien entre l'exploitation technologique et l'évolution des écarts salariaux vienne d'une transformation de la fonction de production. L'utilisation de techniques de pointe peut alors avoir eu pour effet d'accroître la demande d'une main-d'oeuvre plus qualifiée.

Si l'argument de la diffusion ou de la fonction de production confère un rôle causal clé à la technologie, il existe d'autres explications où on attribue un rôle réactif plutôt que causal à l'adoption de la technologie. L'augmentation des écarts salariaux pourrait avoir été causée par un accroissement de la demande de travailleurs relativement mieux rémunérés et qualifiés, d'une demande liée à l'évolution des tendances commerciales. Une progression de la demande de main-d'oeuvre qualifiée par suite d'une multiplication des échanges commerciaux entre les pays industrialisés et les pays en développement où les salaires sont moindres tendrait à augmenter les salaires de la main-d'oeuvre relativement qualifiée et à diminuer ceux des travailleurs moins qualifiés. La majoration des salaires pourrait avoir à son tour mené à l'adoption de techniques plus avancées en vue du remplacement de travailleurs mieux qualifiés. Dans cette autre explication, il y aurait eu des salaires de plus en plus élevés payés par les établissements qui ont commencé la décennie avec un avantage salarial. Il se serait agi d'établissements ayant un plus haut niveau de technologie au départ. Ils auraient également intensifié le plus leur utilisation de la technologie, car l'incitation à économiser sur les coûts de main-d'oeuvre aurait été plus grande. Aucun effort n'est fait ici pour expliquer l'effet relatif de la technologie et du commerce. Ce sujet est traité dans un autre document (Baldwin et Rafiquzzaman, 1996).

Bibliographie

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

Baldwin, J., T. Gray et J. Johnson, 1995. *L'utilisation de la technologie, la formation et les connaissances spécifiques dans les établissements de fabrication*, document de recherche n° 86, Direction des études analytiques, Statistique Canada.

Baldwin, J., et J. Johnson, 1995. *Développement du capital humain et innovation : La formation dans les petites et moyennes entreprises*, document de recherche n° 74, Direction des études analytiques, Statistique Canada.

Baldwin, J., J. Johnson et M. Pedersen, 1996. "Human Capital Development and Innovation: A Sectoral Analysis," dans P. Howitt (dir.), *The Implications of Knowledge-Based Growth for Micro-Economic Policies*, University of Calgary Press (à paraître).

Baldwin, J. et M. Rafiqzaman, 1997. *L'effet de la technologie et du commerce sur les écarts salariaux entre les travailleurs de production et les autres travailleurs du secteur manufacturier canadien*, document de recherche n° 98, Direction des études analytiques, Statistique Canada (à venir).

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

Bartel, A. P., et F. Lichtenberg, 1987. "The Comparative Advantage of Educated Workers in Implementing New Technology", *The Review of Economics and Statistics* 69: 1-11.

Bartik, T.S., 1987. "Estimating Hedonic Demand Parameters with Single Market Data: The Problems Caused by Unobserved Tastes", *Review of Economics and Statistics*, 69: 178-180.

Beach, C., et G. Slotsve, 1994. "Polarization of Earnings in the Canadian Labour Market", dans T. Courchene (dir.), *Stabilization, Growth and the Distribution Linkages in the Knowledge Era*, Bell Canada Papers on Economic and Public Policy, 2, John Deutsch Institute for the Study of Economic Policy, Université Queen's, Kingston.

Berman, E., J. Bound et Z. Griliches, 1994. "Changes in the Demand for Skilled Labour Within US Manufacturing: Evidence from the Annual Survey of Manufactures", *Quarterly Journal of Economics* 109: 367-97.

Betcherman, G., K. McMullen, N. Leckie et C. Caron, 1994. *Les transformations du milieu de travail au Canada*, Université Queen's à Kingston, Industrial Relations Centre Press.

- Borjas, G., et V. Ramey, 1994. "Time Series Evidence on the Sources of Trends in Wage Inequality", *American Economic Review* 84: 10-16.
- Bound, J., et G. Johnson, 1992. "Changes in the Structure of Wages in the 1980s: An Evaluation of Alternative Explanations", *American Economic Review* 82: 371-92.
- Brown, C., et J. Medoff, 1989. "The Employer Size Wage Effect", *Journal of Political Economy* 97: 1027-59.
- Bylinsky, G., 1994. "The Digital Factory", *Fortune* 14 novembre.
- Caves, R.E., 1982, *Multinational Enterprise and Economic Analysis*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Davis, S., et J. Haltiwanger, 1991. "Wage Dispersion between and within US Manufacturing Plants, 1963-86", *Brookings Papers:Micro-Economics*, numéro hors série, 115-200.
- Doms, M., T. Dunne et K. Troske, 1994. "Workers, Wages and Technology", document polycopié, Center for Economic Studies, US Census Bureau.
- Dunne, T., et J.A. Schmitz Jr, 1995. "Wages, Employment Structure and Employer Size-Wage Premia: their Relationship to Advanced-Technology Usage at US Manufacturing Establishments", *Economica* 62: 88-107.
- Freeman, R.B., 1995. "Are Your Wages Set in Beijing?", *The Journal of Economic Perspectives* 9(3): 15-32.
- Freeman, R.B. et K. Needels, 1993. "Skill Differentials in Canada in an Era of Rising Labor Market Inequality." Dans D. Card et R.B. Freeman, eds. *Small Differences that Matter: Labor Markets and Income Maintenance in Canada and the United States*. National Bureau of Economic Research, Chicago: University of Chicago Press.
- Groshen, E., 1991. "Wage Variation Among Establishments Within Industry", *Quarterly Journal of Economics* 106(3) : 869-94.
- Katz, L.F., et K.M. Murphy, 1992. "Changes in Relative Wages, 1963-1987: Supply and Demand Factors", *Quarterly Journal of Economics* 107(1): 35-78.
- Keefe, J., 1991. "Numerically Controlled Machine Tools and Worker Skills", *Industrial and Labour Relations Review* 44(3): 503-19.
- Krueger, A.B., 1993. "How Computers have Changed the Wage Structure: Evidence from Microdata, 1984-1989", *Quarterly Journal of Economics* 108(1): 33-60.
- Levy, F., et R. J. Murnane, 1992. "US Earnings Levels and Earnings Inequality: A Review of Recent Trends and Proposed Explanations", *Journal of Economic Literature* 30(3): 1333-81.

- Lillard, L. et H. Tan, 1986. "Training: Who Gets it and What are its Effects", Rand Corp. R331-DOI. Mars.
- Matzner, E., R. Schettkat et M. Wagner, 1990. "Labour Market Effects of New Technology", *Futures*, septembre, 687-709.
- Mellow, W., 1982. "Employer Size and Wages", *Review of Economics and Statistics* 64: 495-501.
- Mincer, J., 1992. "Human Capital, Technology, and the Wage Structure: What do the Time Series Show?", NBER Working Paper Series, n° 3581.
- Morissette, R., 1993. «Emploi et taille des entreprises au Canada : les petites entreprises offrent-elles des salaires inférieurs?», *Revue canadienne d'économique* 26 (1) : 159-174.
- Morissette R., J. Myles et G. Picot, 1994. *L'inégalité des gains au Canada : Le point sur la situation*, document de recherche n° 60, Direction des études analytiques, Statistique Canada, document reproduit en partie sous le titre "Earnings Inequality and the Distribution of Working Time in Canada", *Canadian Business Economics* 2(3): 3-16.
- Murphy, K., et F. Welch, 1992. "The Structure of Wages", *Quarterly Journal of Economics* 107(1): 215-326.
- Richardson, J.D., 1995. "Income Inequality and Trade: How to Think, What to Conclude", *Journal of Economic Perspectives* 9(3): 33-56.
- Robson, M., J. Townsend et K. Pavitt, 1988. "Sectoral patterns of production and use of innovations in the U.K.: 1945-1983", *Research Policy* 17: 1-14.
- Wood, A., 1994. *North-South Trade, Employment and Inequality: Changing Fortunes in a Skill-Driven World*, Oxford, Clarendon Press, 1984.
- Wood, A., 1995. "How Trade Hurt Unskilled Workers", *Journal of Economic Perspectives* 9(3): 57-80.