

# L'impact du commerce et de l'adoption de la technologie sur la flexibilité de la production dans l'industrie manufacturière canadienne

Alla Lileeva et Johannes Van Biesebroeck\*

---

**Résumé :** Nous utilisons des données sur la productivité, l'échelle d'exploitation et la diversification des produits dans les établissements manufacturiers canadiens pour étudier les économies d'échelle et de d'envergure. Nous constatons que les établissements font face à l'arbitrage suivant dans le choix d'une technologie de production : une production accrue est généralement associée à une plus grande productivité, mais une variété plus étendue de produits est associée à une productivité inférieure. La nature de cet arbitrage est hétérogène parmi les établissements. Nous employons l'expression technologies de production de masse pour décrire les cas qui se distinguent par un arbitrage marqué, c.-à-d. où les deux primes sont élevées en valeur absolue; nous employons l'expression systèmes de production flexibles pour décrire les cas où les économies d'échelle et la pénalité liée à la variété sont faibles. Nos estimations indiquent que, dans le sillage de l'adoption accrue de technologies de pointe et de la baisse des droits tarifaires aux États-Unis, les technologies de production de masse ont pris plus d'importance. En outre, les établissements de propriété étrangère sont moins flexibles que ceux de propriété canadienne.

**Mots clés :** productivité, économies d'échelle, économies d'envergure, diversification des produits

**N<sup>os</sup> JEL :** D21, F12, F14, L25

---

\* Respectivement du Département d'économie, Université York, 4700, rue Keele, North York, Ontario, Canada, M3J 1P3; courriel : [lileeva@dept.econ.yorku.ca](mailto:lileeva@dept.econ.yorku.ca); et du Centre d'études économiques de l'Université de Louvain, Naamsestraat 69, 3000 Louvain (Belgique); courriel : [jo.vanbiesebroek@econ.kuleuven.be](mailto:jo.vanbiesebroek@econ.kuleuven.be).

## 1. Introduction

Avec la mondialisation croissante des marchés, les entreprises canadiennes font face à une vive concurrence qui va en s'intensifiant. Afin de demeurer concurrentiel sur le marché d'exportation et de soutenir la concurrence avec les importations sur le marché intérieur, les entreprises canadiennes doivent produire des biens personnalisés, de haute qualité, et le faire rapidement à un coût raisonnable. L'adoption de technologies de pointe est généralement perçue comme un ingrédient essentiel pour relever ce défi. Une documentation croissante est consacrée à l'importance de l'innovation et de l'adoption de technologies de pointe pour la croissance de la productivité. Alors que les premiers travaux n'arrivaient pas à trouver de preuves solides du lien attendu, des études récentes au niveau de l'entreprise englobant plusieurs pays ont révélé l'existence d'un lien étroit entre l'innovation au niveau des produits et la productivité de l'entreprise mais, étonnamment, elles n'ont pas montré de lien entre l'innovation au niveau des procédés et la productivité (OCDE, 2009)<sup>1</sup>.

La plupart des études publiées n'envisagent que la production totale ou les ventes totales dans la mesure de la productivité et ne font pas de distinction entre les différents produits fabriqués par une entreprise ou un établissement. Nous nous proposons d'étudier directement l'impact de l'adoption de technologies de pointe sur les gammes de produits. En particulier, nous faisons l'hypothèse que certaines technologies peuvent abaisser le coût de fabriquer plusieurs gammes de produits dans un établissement, conférant ainsi un précieux avantage stratégique – voir Van Biesebroeck (2007a) pour une application de cette théorie à l'industrie de l'automobile.

Ce mécanisme de réduction des coûts pourrait être aussi important que l'abaissement du niveau des coûts marginaux de production pour les produits individuels. La recherche consa-

---

<sup>1</sup> Les données pour le Canada, qui appuient avec certaines réserves l'existence de ce lien, sont passées en revue dans Rao, Ahmad, Horsman et Kaptein-Russell (2002) et dans Globerman (2002).

créée aux effets indirects de la flexibilité sur la structure du marché (Eaton et Schmidt, 1994) et sur l'interaction concurrentielle (Norman et Thisse, 1999), laisse entrevoir des effets durables et étendus. La flexibilité de la production devrait aussi être en interaction avec les décisions relatives à l'impartition et au lancement de produits, une question étudiée par Van Biesebroeck (2007b) dans le contexte du secteur de l'automobile nord-américain. Puisque le degré d'ouverture commerciale influe aussi sur le nombre optimal de gammes de produits des entreprises (voir Bernard, Redding et Schott, 2009), les décisions relatives à la technologie seront aussi en interaction avec l'ouverture au commerce.

Le principal message qui se dégage est que, dans les industries de produits différenciés, l'évolution des coûts pourrait avoir un impact plus complexe qu'un simple déplacement vers le bas de la courbe des coûts. Elle pourrait changer la façon dont les entreprises rivalisent et comment elles sont organisées à un niveau plus fondamental. Les études mentionnées précédemment sont de nature théorique ou se limitent à l'industrie de l'automobile. Pour tirer des conclusions utiles sur le plan des politiques, il faudrait voir si ces résultats peuvent être généralisés à d'autres industries, ce qui est l'objet de la présente étude.

Le reste du document se décline comme suit. Dans la section 2, nous présentons une méthodologie empirique, suivie d'une analyse des données canadiennes au niveau des établissements dans la section 3. Les résultats d'estimations sont présentés dans la section 4; enfin, nous regroupons quelques conclusions dans la dernière section.

## **2. Méthodologie empirique**

Il est bien documenté – et c'est l'hypothèse habituelle qui soutient les manuels de microéconomie – que les industries manufacturières ont tendance à profiter d'économies d'échelle positives, du moins sur un intervalle initial. De même, on peut penser intuitivement que les coûts diminueront si toute la production d'un établissement porte sur des produits identiques. Fabriquer plusieurs produits différents côte à côte, sur la même chaîne de

production, devrait hausser au moins légèrement le coût de production – Van Biesebroeck (2005, 2007a) présente des données pour l’industrie de l’automobile et des références à des observations pour d’autres industries. De façon informelle, nous appellerons cette dernière tendance les « déséconomies d’envergure », même si cela ne correspond pas tout à fait à la définition des manuels, parce que nous garderons la production totale constante au moment d’intégrer d’autres produits distincts<sup>2</sup>.

L’Enquête annuelle des manufactures (EAM) nous fournit des renseignements sur le nombre de produits que fabriquait chaque établissement manufacturier canadien entre 1988 et 1996, en plus de sa production totale. Pour faciliter le travail de mesure, nous étudierons l’impact de l’échelle et de l’envergure des activités sur les coûts à l’aide de son dual, la productivité. Si une gamme étendue de produits est associée à des coûts plus élevés, cela se traduira par une productivité ou des mesures de l’efficacité moins élevées. Implicitement, nous supposons que la technologie de production peut s’exprimer comme suit :

$$(1) \text{ Productivity}_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \text{scale}_{it} + \alpha_2 \text{scope}_{it} + \alpha_3 \text{time} + \text{controls} + \varepsilon_{it}$$

Comme nous pouvons calculer la productivité au niveau de l’établissement à l’aide des données de l’EAM, nous pouvons estimer directement les coefficients de l’équation (1). L’échelle sera mesurée par la production totale de l’établissement et l’envergure sera mesurée par le nombre de gammes de produits que fabrique l’établissement.

Dans un échantillon général d’entreprises manufacturières, le coefficient  $\alpha_1$  devrait être positif. Par contre, le coefficient  $\alpha_2$  pourra être positif ou négatif, selon l’industrie. En outre, le signe du coefficient  $\alpha_2$  pourrait dépendre du niveau d’agrégation de l’analyse. À titre d’exemple, si certains coûts fixes importants au niveau de l’entreprise, par exemple les dépenses de conception et de R-D, peuvent être étalés sur plusieurs établissements, il pourrait y avoir des économies d’envergure au *niveau de l’entreprise*, parallèlement à des déséconomies

---

<sup>2</sup> Carlton et Perloff (2005) présentent une analyse élaborée des définitions de coût pour les entreprises fabricant de multiples produits, au chapitre 2.

d'envergure au *niveau de l'établissement*. Ainsi, les déséconomies d'envergure au niveau de l'établissement dans l'industrie de l'automobile observés, entre autres, par MacDuffie, Sethuraman et Fisher (1996) ne sont pas incompatibles avec la présence d'économies d'envergure au niveau de l'entreprise dans la même industrie constatée par Friedlaender, Winston et Wang (1983).

Les enquêtes sur la technologie et les travaux consacrés à l'innovation font habituellement une distinction entre les innovations au niveau des produits et au niveau des procédés<sup>3</sup>. Les premières sont habituellement perçues comme ayant une influence sur la demande de l'entreprise, tandis que les secondes influent sur les décisions d'offre par le biais des réductions de coût. Ainsi, les effets des innovations au niveau des produits et au niveau des procédés sont souvent analysés de façon indépendante; ici, nous mettons l'accent sur les innovations touchant des procédés. Même si une gamme étendue de produits entraîne des coûts plus élevés en moyenne, l'adoption de technologies pourrait influencer sur cette relation. Nous étudions comment les économies d'envergure sont sensibles aux décisions observées en ce qui a trait à l'adoption de technologies de procédés.

Un second facteur qui devrait influencer sur le choix des gammes de produits est l'exposition au commerce international par le jeu de la concurrence des importations ou des activités d'exportation de l'entreprise; à ce sujet, voir notamment Baldwin et Gu (2006), Bernard, Jensen et Schott (2006) et Baldwin et Lileeva (2008). Indirectement, nous devrions aussi nous attendre à ce que l'exposition au commerce influe sur les décisions en matière d'adoption de technologies par l'effet qu'elle a sur les parts de marché, comme l'ont modélisé, entre autres, Ederington et McCalman (2007). Dans nos travaux empiriques, nous avons utilisé l'abaissement des taux tarifaires Canada-États-Unis au lendemain de l'Accord de libre échange (ALE) pour voir si l'exposition au commerce influe sur l'arbitrage en-

---

<sup>3</sup> Voir, par exemple, les lignes directrices pour la collecte et l'interprétation des données sur l'innovation technologique dans le *Manuel d'Oslo : La mesure des activités scientifiques et technologiques*, de l'OCDE.

tre la productivité, d'une part, et l'échelle et l'envergure de l'entreprise, de l'autre.

Nous adoptons deux approches pour intégrer l'adoption de la technologie et l'exposition au commerce dans l'estimation de l'équation (1). Premièrement, nous examinons si l'arbitrage échelle-envergure est uniforme parmi l'ensemble des établissements et dans le temps. Cela peut se faire facilement en estimant l'équation (1) avec différents sous-échantillons.

Anticipant sur les résultats, nous notons que le fait de répartir délibérément les établissements en plusieurs sous-échantillons en fonction de diverses variables observables, en particulier la propriété et l'exportation, et l'exposition à des réductions tarifaires modestes ou importantes, produira des estimations différentes des coefficients. Afin de laisser les données déterminer quelles dimensions d'hétérogénéité entre les entreprises a le plus d'importance, plutôt que de l'imposer a priori, nous utilisons un algorithme flexible pour répartir les entreprises en sous-échantillons. À cette fin, nous employons la méthode d'estimation élaborée par Van Biesebroeck (2002, 2003), qui laisse place à deux technologies de production différentes dans l'échantillon.

Dans une application à l'industrie de l'automobile aux États-Unis, Van Biesebroeck (2003) a montré que la rupture dans la tendance de la croissance de la productivité au début des années 1980 peut être interprétée à la lumière du passage des établissements de l'ancienne technologie « de masse » à une technologie moderne « flexible ». Initialement, la plupart des établissements employaient la technologie de masse, caractérisée par d'importantes économies d'échelle, mais qui impose une pénalité élevée sur le plan de la productivité lorsque plusieurs gammes de produits sont fabriquées dans l'établissement – elle comporte de fortes déséconomies d'envergure. À compter du début des années 1980, de nouveaux établissements sont apparus; leur technologie plus flexible comportait des déséconomies d'envergure et une pénalité concomitante moindres, mais en contrepartie d'économies d'échelle plus faibles. Ces nouveaux établissements appartenaient principalement à des intérêts japonais, mais même les établissements de propriété américaine déjà

présents sont passés progressivement de la technologie de masse à une technologie souple, faisant une contribution positive à la croissance de la productivité globale.

L'équation (1) peut donc être généralisée à :

$$(2) \text{ Productivity}_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \text{scale}_{it} + \alpha_2 \text{scope}_{it} + \alpha_3 \text{time} + \varepsilon_{it}^F \quad \text{if } i \in \text{Flexible} \\ = \beta_0 + \beta_1 \text{scale}_{it} + \beta_2 \text{scope}_{it} + \beta_3 \text{time} + \varepsilon_{it}^M \quad \text{if } i \in \text{Mass}$$

La distinction entre technologie de masse et technologie flexible peut être vue comme un arbitrage fondamental échelle-envergure dans la technologie de production. Les deux technologies sont supérieures sur une dimension : si seulement quelques produits sont fabriqués, les entreprises devraient exploiter pleinement les économies d'échelle et utiliser la technologie de masse. Cependant, dans l'industrie de l'automobile, la prolifération progressive de modèles différents a augmenté l'attrait de la technologie flexible pour un nombre croissant d'établissements. Par conséquent, les établissements sont allés progressivement vers la technologie flexible, qui comporte des déséconomies d'envergure moindres.

La difficulté que soulève l'estimation directe de l'équation (2) est que nous ne pouvons habituellement observer, dans chaque cas, laquelle des deux technologies est employée et, partant, si c'est le coefficient  $\alpha$  ou  $\beta$  de l'équation (2) qui s'applique. Cependant, ce problème peut être contourné en utilisant un estimateur de vraisemblance maximale élaboré par Van Biesebroeck (2003), qui intègre l'état non observé de la technologie,  $i$ . La probabilité qu'une nouvelle entreprise entre sur le marché avec une technologie de masse est modélisée en tant que fonction de quelques variables observables.

En outre, à chaque point dans le temps, il y a, pour chaque établissement qui continue à employer une technologie de masse, une probabilité que celui-ci passe de la technologie de masse à la technologie souple. Cette probabilité est aussi modélisée comme fonction de certaines variables observables (qui peuvent être différentes). Les décisions relatives à l'adoption de technologies de pointe ou des variables captant l'exposition au com-

merce doivent être utilisées comme opérateurs de la probabilité que l'une ou l'autre des technologies sera utilisée lorsqu'un établissement entre dans l'échantillon, ou de la probabilité que les établissements existants changent de technologie. Ainsi, nous n'avons pas à observer les choix réels de technologie des établissements pour estimer l'équation (2). Plutôt, nous déduisons la probabilité que l'un ou l'autre type de technologie de production soit utilisé par chaque observation établissement-année sur la base des mouvements conjoints entre la productivité, le nombre de biens fabriqués et la production totale, avec les variables représentant la technologie et le commerce.

Un avantage de cette approche est qu'elle permet d'estimer un modèle intégrant deux technologies de production, même dans le cas des établissements pour lesquels aucune information sur l'adoption d'une technologie de pointe n'est observable<sup>4</sup>. À noter que nous utilisons le terme « technologie » de deux façons. Premièrement, les deux caractéristiques de la productivité dans l'équation (2) sont appelées technologies de production, qui peut être une technologie de masse ou une technologie flexible. Deuxièmement, des technologies de pointe particulières peuvent être adoptées et cela est observable pour un sous-ensemble de notre échantillon. Ces aspects seront examinés plus en détails dans la section traitant des données.

Nous employons aussi une seconde approche pour faire entrer l'adoption de la technologie et l'exposition au commerce dans l'estimation de l'équation (1). Nous pouvons modéliser les coefficients des variables d'échelle et d'envergure dans l'équation (1) en tant que fonctions explicite des technologies utilisées par les établissements, telles qu'observées. Cette approche est simple à appliquer, mais ne peut être utilisée que pour un échantillon limité d'établissements où il est possible d'observer directement la technologie employée; en outre, cette approche nécessite un nombre élevé de degrés de liberté. L'hypothèse implicite est que les économies d'envergure va-

---

<sup>4</sup> Seulement environ 10 p. 100 des établissements pour lesquels des données sur la production et les biens fabriqués sont disponibles ont rempli le questionnaire de l'enquête sur la technologie.

rient constamment et que les entreprises peuvent rajuster progressivement leur procédé de production pour le faire correspondre à (l'évolution) des gammes de produits. Le niveau des droits tarifaires ou les réductions tarifaires peuvent aussi influencer sur les paramètres d'échelle et d'envergure, comme elles influent aussi vraisemblablement sur d'autres aspects inobservables des activités d'un établissement. Ces effets peuvent facilement être incorporés en modifiant encore la définition des coefficients d'échelle et d'envergure.

$$(3) \quad \alpha_{2i} = \alpha_{20} + \alpha_{2i} I_{ki} + \alpha_{2i} \text{tariff}_i$$

L'enquête sur les technologies de pointe de 1993 a consigné les décisions passées sur l'adoption de toute une liste de technologies et pour un sous-ensemble d'établissements de notre base de données. En fusionnant ces renseignements sur l'adoption des technologies, nous pouvons laisser varier les coefficients  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  dans l'équation (1) en fonction de certaines décisions observées relativement à l'adoption de technologies ( $I_i$ ) et des droits tarifaires pertinents à l'entreprise. L'équation (3) illustre cela pour le coefficient d'envergure.

### 3. Les données

L'étude utilise des données provenant de trois sources. L'Enquête annuelle des manufactures (EAM) canadienne renferme des données sur les variables clés au niveau de l'établissement : production, emploi, productivité, code d'industrie de la Classification type des activités économiques (CAEC) canadienne à quatre chiffres, statut à l'exportation et propriété étrangère. La productivité est définie comme étant la valeur ajoutée réelle par travailleur, parce que l'EAM ne recueille pas de données sur le stock de capital ou l'investissement et ne permet donc pas de calculer la productivité totale des facteurs. L'EAM renferme des données au niveau des produits pour les établissements qui remplissent le « long » questionnaire. Ces établissements, habituellement de plus grande taille, reçoivent un questionnaire d'enquête détaillé; ainsi, nous

disposons de données sur le nombre de biens produits au niveau de la Classification type des biens (CTB) à six chiffres uniquement pour ces établissements<sup>5</sup>. Notre échantillon regroupe des données sur l'ensemble des établissements pour lesquels des données sur les biens sont disponibles pour les années 1988, 1993 et 1996. Cela nous donne un panel non équilibré de 46 324 observations portant sur 24 789 établissements individuels; soit une moyenne de moins de deux observations par établissement.

L'information sur l'utilisation des technologies de pointe provient de l'Enquête sur les innovations et les technologies de pointe de 1993<sup>6</sup>. Cette enquête renferme des données sur l'utilisation par les établissements de 22 technologies de pointe, réparties en 5 groupes : conception et ingénierie (CI), fabrication et montage (FM), manutention automatisée des matériaux (MAM), inspection et communications (IC) et un groupe combinant les systèmes d'information de fabrication et l'intégration et les contrôles (SIF). Le nombre d'établissements visés par cette enquête est beaucoup plus restreint que notre échantillon complet; nous l'appelons l'échantillon technologie (N=3 887)<sup>7</sup>.

Enfin, nous utilisons aussi des données au niveau de l'industrie tirées de la CTI canadienne à quatre chiffres de 1980 pour les droits tarifaires canadiens applicables aux États-Unis et les droits tarifaires américains applicables au Canada, en 1988, 1993 et 1996. Ces données ont été constituées par Daniel Treffler et utilisées dans Treffler (2004)<sup>8</sup>.

Des statistiques descriptives pour les principales variables utilisées dans l'estimation de l'équation (1), tant pour l'échantillon complet que pour l'échantillon technologie, sont présentées au

---

<sup>5</sup> Le niveau de détails de la CTB à six chiffres correspond à environ 5 000 biens.

<sup>6</sup> La liste des technologies visées par l'Enquête figure au tableau A.1 de l'appendice; on peut consulter l'enquête complète dans Baldwin et Sabourin (1995).

<sup>7</sup> Il est à noter que l'enquête renferme des facteurs de pondération pour l'estimation de la moyenne caractéristique de la population des établissements manufacturiers.

<sup>8</sup> Nous voudrions remercier Daniel Treffler de nous avoir fourni des données détaillées sur les droits tarifaires.

tableau 1. Le nombre moyen de biens produits par établissement est similaire dans les deux cas (2 437 et 2 720 biens, respectivement). Les établissements de l'échantillon technologie sont plus grande et plus productifs, et ils ont une plus grande probabilité d'être contrôlés par des intérêts étrangers et d'exporter : 32,4 p. 100 des établissements de l'échantillon technologie sont sous contrôle étranger, contre 18,5 p. 100 de l'échantillon complet des établissements; 31,7 p. 100 des établissements de l'échantillon complet et 39,4 p. 100 de ceux de l'échantillon technologie exportent leurs produits.

L'utilisation de la technologie est résumée au tableau 2. Il y a d'importantes différences entre les technologies sous de nombreuses dimensions : popularité, taille des utilisateurs et nombre de biens produits par les utilisateurs. Les technologies CI, FM et SIF sont relativement populaires, étant utilisées par plus de 30 p. 100 des établissements, tandis que seulement 5,7 p. 100 des établissements utilisent les technologies MAM. Parmi les technologies du groupe CI, la catégorie a1 (*conception assistée par ordinateur/ingénierie assistée par ordinateur*) est la plus populaire, étant utilisée par 806 établissements, soit 21 p. 100 des observations. Suit de près la catégorie a16 (*dispositifs de commande programmables*) du groupe IC, présente dans 804 établissements observés. À l'opposé, seulement quelque 3 p. 100 des observations font état de l'utilisation de technologies de la catégorie a6 (*systèmes d'usinage laser*), du groupe FM, et la catégorie a22 (*systèmes d'intelligence artificielle ou expert*), du groupe IC.

Le nombre moyen de biens par utilisateur est plus élevé pour les technologies IC et SIF. Cela pourrait indiquer que ces technologies contribuent à une plus grande flexibilité de la production. La taille moyenne de l'utilisateur, mesurée par les expéditions, est également plus grande pour les technologies IC et SIF et moins grande pour les technologies CI. Ainsi, l'utilisation de technologies IC et SIF pourrait être associée à des économies d'échelle. (À noter que ces relations peuvent être propres à l'industrie, plutôt qu'à l'établissement.) De façon générale, au niveau de la technologie, il semble y avoir une corrélation positive entre la production et le nombre de biens fabriqués. Cela

signifie qu'il est plus difficile de distinguer les technologies qui sont plus susceptibles d'être flexibles, par opposition aux technologies de production de masse, en utilisant des méthodes linéaires standard.

L'enquête sur la technologie précise le nombre d'années d'utilisation de chaque type de technologie. Puisque nous voulons nous servir de l'information sur la technologie pour expliquer le niveau de productivité, nous utilisons uniquement l'information sur les technologies adoptées au moins trois ans avant l'année de l'observation de la productivité. Ce décalage devrait permettre de tenir compte des effets liés à l'apprentissage, à la formation et à la mise en place. Pour la productivité observée en 1988, nous utilisons des données sur les technologies en usage en 1985; pour la productivité en 1993, nous utilisons des données sur les technologies en usage en 1990; pour la productivité en 1996, nous utilisons des données sur les technologies en usage en 1993. Notons aussi que, dans l'enquête, l'utilisation de la technologie est cumulative dans le temps, de sorte que les établissements peuvent adopter des technologies mais ils ne peuvent s'en départir. En conséquence, nous avons des taux croissants d'utilisation de la technologie : 28 p. 100 des établissements utilisaient au moins une technologie en 1988, 46,3 p. 100 en 1993 et 54,6 p. 100 en 1996.

#### **4. Résultats des estimations**

##### *4.1 L'arbitrage fondamental*

Le tableau 3 fait état d'un premier ensemble d'estimations de l'équation (1) avec l'échantillon complet et l'échantillon technologie. Il présente les résultats obtenus en neutralisant les effets fixes propres à l'industrie (au niveau de la CTI à quatre chiffres, ce qui englobe 235 variables nominales) et les effets fixes propres à l'établissement. Rappelons que le panel n'est pas équilibré; par conséquent, environ le tiers des établissements qui n'ont été observés qu'une seule fois sont laissés de côté lorsque les effets fixes propres à l'établissement sont pris en compte.

Les coefficients estimés arborent tous les signes attendus. Le nombre de biens est lié négativement à la productivité dans tou-

tes les spécifications, ce qui indique une pénalité sur le plan de la productivité liée à la diversification de l'établissement. Par contre, le niveau des expéditions totales a un lien positif avec la productivité, ce qui est conforme à la notion d'économies d'échelle positives.

Soulignons que nous ne cherchons pas à faire une interprétation causale de ces résultats. Il ne faudrait assurément pas tenter de déduire des coefficients estimés ce que devraient être les gains de productivité si, de façon exogène, le niveau d'exploitation d'un établissement augmentait ou si le nombre de biens en production diminuait.

Cela devient apparent lorsque nous neutralisons les effets fixes propres à l'établissement – les résultats sont présentés dans la colonne (2) du tableau 3. Comparativement aux résultats obtenus avec les seuls effets fixes au niveau de l'industrie, présentés dans la colonne (1), la pénalité sur le plan de la productivité associée à la variété devient clairement plus restreinte. L'inverse se produit pour ce qui est de la prime positive sur le plan de la productivité liée à une augmentation de la production, qui augmente lorsque nous neutralisons les effets fixes propres à l'établissement. Les changements dans les coefficients estimés sont conformes à la notion selon laquelle les établissements qui ont de plus forts rendements d'échelle augmentent leur niveau d'activité, tandis que les établissements pour qui les économies d'envergure sont inférieures à la moyenne ajoutent de nouvelles gammes de produits.

Les estimations pour l'échantillon technologie sont très semblables à celles obtenues pour l'échantillon complet. Comme la taille de l'échantillon technologie est plus de dix fois inférieure, il ne faudrait pas s'étonner que les niveaux de signification soient aussi moins élevés.

Étant donné que la productivité est mesurée en fonction de la valeur ajoutée par travailleur et que l'échelle est mesurée par les expéditions totales, cette dernière variable est endogène dans la construction de l'équation (1). Au tableau 4, nous présentons les résultats des estimations faites à l'aide d'un estimateur employant une variable instrumentale pour l'échantillon technologie et les effets fixes au niveau de l'industrie. La production est

représentée soit par le logarithme de la production moyenne d'un établissement dans l'industrie<sup>9</sup>, dont les résultats figurent dans la colonne (1) du tableau 4, ou par la consommation de chauffage et d'énergie d'un établissement, dont les résultats sont présentés dans la colonne (2).

En utilisant l'échelle moyenne de l'industrie comme instrument, on constate que les estimations des coefficients d'échelle et d'envergure sont remarquablement semblables aux estimations originales, dans le tableau 3. Les valeurs absolues du coefficient sont plus élevées, mais les changements sont minimaux. En utilisant le coût du chauffage et de l'énergie comme instrument, les deux coefficients diminuent, mais le principal résultat subsiste : l'échelle est associée à une plus grande productivité, tandis que l'envergure des gammes de produits s'accompagne d'une pénalité à la productivité.

Le résultat qui importe est que, dans toutes les spécifications et quel que soit le type de contrôle employé, l'échantillon ou le fait que des variables instrumentales aient été ou non employées, les établissements sont placés devant un arbitrage fondamental. Il y a des gains potentiels de productivité liés à l'exploitation des économies d'échelle et au fait d'exploiter un établissement à un plus haut seuil de production mais, si cela nécessite l'adoption de gammes de produits supplémentaires, il y a aura un effet négatif contraire sur la productivité. Nous croyons que cette interaction échelle-envergure est l'arbitrage fondamental auquel font face toutes les entreprises manufacturières.

#### 4.2 *Types de technologie discrets*

Nous examinons maintenant si l'ensemble des observations établissement-année sont sujettes au même arbitrage échelle-envergure ou s'il y a d'importants facteurs d'hétérogénéité.

---

<sup>9</sup> La production moyenne de l'industrie pour chaque établissement est représentée par le logarithme de la somme des expéditions des établissements au niveau de la CTI à quatre chiffres, moins la production d'un établissement donné, divisé par le nombre d'établissements dans l'industrie moins un. La production propre est soustraite pour éviter toute endogénéité.

Les premières dimensions de l'hétérogénéité que nous examinons sont la propriété et le statut à l'exportation. Une abondante littérature a déjà permis d'établir que les établissements sous contrôle étranger ou présents sur le marché d'exportation se distinguent à plusieurs égards : ils ont tendance à avoir une plus grande taille, à verser des salaires plus élevés, à utiliser davantage de technologies de pointe et à avoir des niveaux de productivité plus élevés. Les résultats présentés au tableau 5 indiquent que, pour un établissement donné, le fait d'appartenir à ces catégories (c.-à-d., être la propriété d'intérêts étrangers ou être un exportateur) ne se traduit pas par une relation monotonique des effets d'échelle ou d'envergure et de la productivité. Nous avons estimé l'équation (1) en scindant l'échantillon (complet) en quatre groupes mutuellement exclusifs : les non-exportateurs sous contrôle national, les exportateurs sous contrôle national, les non-exportateurs sous contrôle étranger et les exportateurs sous contrôle étranger. Les estimations sont présentées pour les spécifications avec effets fixes soit au niveau de l'industrie soit au niveau de l'établissement.

Premièrement, il importe de signaler que, pour chacun des quatre sous-groupes et en utilisant l'un ou l'autre des ensembles de mesures de contrôle, les coefficients d'échelle estimés sont positifs et les coefficients d'envergure sont négatifs. Il semblerait donc le phénomène de l'arbitrage échelle-envergure soit répandu.

De plus, nous interprétons une combinaison de coefficients élevés pour l'échelle et l'envergure – en valeur absolue dans ce dernier cas – comme une indication d'un processus de production inflexible, c'est-à-dire d'une technologie de masse. Les établissements de propriété étrangère qui desservent uniquement le marché canadien (non-exportateurs) sont ceux qui ont les rendements d'échelle les plus élevés, mais aussi la pénalité la plus lourde sur le plan de la productivité liée à l'étendue des gammes de produits. De façon générale, ces établissements semblent avoir mis en place des systèmes de production propice à la fabrication de grandes quantités du même produit – une technologie de masse. Cette observation demeure valable en utilisant l'un ou l'autre type de mesures de contrôle.

Pour les autres catégories d'établissements, le classement dépend de la suppression de la variation entre les établissements – l'inclusion ou non des effets fixes propres à l'établissement. Si nous n'intégrons pas ces effets, les exportateurs sous contrôle étranger se retrouvent tout à fait à l'opposé des non-exportateurs sous contrôle étranger. Ils ont le coefficient d'échelle le plus bas et, de loin, le coefficient d'envergure le plus faible (en valeur absolue). Cela incite à penser qu'ils ont choisi une stratégie fondamentalement différente, soit de mettre en place des systèmes de production flexibles capables d'accommoder facilement d'autres gammes de produits sans encourir de pénalité sur le plan de la productivité. Peut-être que ces établissements canadiens servent de base de production flexible pour desservir le marché intérieur, celui des États-Unis et d'autres marchés, tandis que des établissements affiliés, de plus grande taille, situés aux États-Unis permettent d'économiser sur les coûts de transport. Bien sûr, cela n'est qu'une conjecture.

Les résultats qui précèdent semblent contredire ceux de Baldwin et Gu (2006), qui ont conclu qu'en réaction à l'ALE Canada–États-Unis, les établissements canadiens ont abandonné des gammes de produits et augmenté leur échelle de production, réalisant ainsi d'importants gains de productivité. Les résultats présentés dans la colonne (2) du tableau 5, où les effets fixes propres à l'établissement ont été neutralisés, montrent que le fait de tenter d'identifier l'effet d'échelle pour les exportateurs sous contrôle étranger uniquement à partir des changements observés au niveau de l'établissement dans le temps engendre une estimation élevée du coefficient des économies d'échelle.

Les résultats présentés dans la colonne (2) du tableau 5 sont, dans l'ensemble, conformes à la notion selon laquelle les établissements sous contrôle canadien ont moins de possibilités d'exploiter des économies d'échelle lorsqu'ils accroissent leur production. Cela pourrait être attribuable à des décisions différentes en ce qui a trait à l'adoption de technologies ou à l'inexpérience de ces établissements au moment où ils prennent de l'expansion. Cela pourrait aussi traduire un écart résiduel dans les perspectives qui s'offrent à ces établissements, puisque les industries canadiennes ont produit pendant des années à une

échelle plus limitée et avec des portefeuilles de produits plus diversifiés pour servir le marché canadien beaucoup plus restreint.

En comparant les exportateurs et les non-exportateurs sous contrôle canadien, on constate que les écarts sont petits, mais tout en notant que pour les deux spécifications, l'estimation ponctuelle des coefficients d'envergure est plus élevée (en valeur absolue) pour les exportateurs, comme il était à prévoir. Cela signifie que les exportateurs devraient mettre l'accent sur leur avantage comparatif et se préoccuper moins de fabriquer une gamme étendue de produits. À tout le moins dans le modèle incluant les effets fixes au niveau de l'établissement, cette stratégie semble s'accompagner de plus grandes économies d'échelle.

À noter que le statut d'exportateur au tableau 5 ne saisit pas les effets de l'ALE en soi, puisque ce groupe comprend de nouveaux exportateurs (entrés sur le marché d'exportation après 1988) et des exportateurs déjà présents. Nous examinons, plus loin, l'effet particulier de la libéralisation des échanges survenue en 1988, lorsque nous permettons une variation continue des coefficients d'échelle et d'envergure. Cependant, nous pouvons déjà relever que les industries qui ont bénéficié des plus fortes réductions tarifaires étaient légèrement plus flexibles que celles qui ont profité des baisses tarifaires les plus faibles, mais les différences sont petites pour les deux groupes d'établissements. Nous n'explorons pas plus loin ces questions, alors que les réductions tarifaires aux États-Unis et au Canada devraient aussi avoir des effets différents; nous pouvons tenir compte de cet aspect plus loin dans l'analyse.

Nous nous attendons à ce que l'arbitrage échelle-envergure soit différent d'une industrie à l'autre. À titre d'exemple, les industries qui produisent de grandes variétés de produits complexes devraient être celles qui sont le plus incitées à investir dans les technologies flexibles pour atténuer en partie les effets d'envergure. Nous avons estimé l'équation (1) pour l'ensemble des industries de la CTI à deux chiffres mais, pour économiser de l'espace, nous ne présentons que quelques-uns des résul-

tats<sup>10</sup>. Les industries qui exhibent une forte pénalité liée à la variété des produits sont, notamment, les *textiles de première transformation* (CTI18), les *produits électriques et électroniques* (CTI33) et les *produits chimiques* (CTI37). Nous observons les économies d'échelle les plus importantes du côté des *produits chimiques* (CTI37), des *produits raffinés du pétrole* (CTI36), des *boissons* (CTI11), des *produits en caoutchouc* (CTI15) et du *bois* (CTI25). Presque toutes les industries ont un coefficient d'échelle positif et un coefficient d'envergure négatif, mais la relation positive entre la production et la productivité a tendance à être beaucoup plus robuste.

#### 4.3 Types de technologie discrets avec attribution endogène

Nous estimons maintenant le modèle avec deux types de technologie en permettant aux données de se répartir d'elles-mêmes entre les deux groupes, en utilisant la méthodologie d'estimation de Van Biesebroeck (2003), décrite précédemment. La première fois qu'un établissement est observé dans l'échantillon, l'algorithme lui attribue une probabilité que sa technologie de production appartienne à la vieille catégorie (et 1 moins cette probabilité qu'elle appartienne au nouveau type de technologie). Par la suite, une seconde opération détermine la probabilité que les entreprises qui utilisent encore l'ancienne technologie fassent une mise à niveau pour adopter la nouvelle technologie. Bien que nous ne puissions observer quelles technologies de production sont utilisées réellement, nous nous fions aux variables observables pour paramétriser les deux probabilités qui, ensemble, infèrent une probabilité pour les deux technologies, pour chaque établissement et à chaque point dans le temps. Dans l'algorithme, la technologie nouvelle est un état absorbant, c'est-à-dire qu'une fois que l'établissement a adopté la nouvelle technologie, il ne reviendra pas subséquemment à l'ancienne technologie. Nous n'imposons aucune restriction quant à la nature de l'arbitrage échelle-envergure pour les deux technologies.

---

<sup>10</sup> L'ensemble complet d'estimations est disponible sur demande.

Deux questions dominent. Premièrement, les deux technologies ont-elles les caractéristiques illustrées aux tableaux 3, 4 et 5, soit des économies d'échelle positives et des économies d'envergure négatives? Deuxièmement, si l'une des deux technologies peut se distinguer comme étant plus flexible – c'est-à-dire que les valeurs absolues des coefficients d'échelle et d'envergure sont moins élevées – s'agit-il de la nouvelle technologie ou de l'ancienne?

Dans les résultats présentés au tableau 6, la probabilité initiale qu'un établissement utilise la nouvelle technologie est modélisée en tant que fonction d'une tendance annuelle et d'une variable nominale représentant la propriété étrangère. Étant donné que les établissements sous contrôle étranger ont plus facilement accès à la technologie nouvelle, ils pourraient être plus enclins à l'adopter et, ainsi, ne pas être ouverts à la possibilité d'un changement de technologie. Par ailleurs, les établissements sous contrôle canadien sont plus probablement tournés vers le marché intérieur et produiront une plus grande variété de produits, ce qui favoriserait la technologie flexible, qu'elle soit ancienne ou nouvelle.

Comme dans Van Biesebroeck (2003), nous utilisons le nombre moyen de produits fabriqués par des concurrents pour prédire la probabilité d'un changement de technologie. Cette variable devrait être un bon prédicteur de la demande pour l'avantage comparatif de la nouvelle technologie, qu'il s'agisse d'économies d'échelle ou d'économies d'envergure plus importantes.

Les résultats de cette estimation non linéaire du maximum de vraisemblance sont présentés au tableau 6. Les deux coefficients d'échelle estimés sont positifs et les deux coefficients d'envergure sont négatifs, indiquant que les deux technologies sont caractérisées par le même arbitrage échelle-envergure qu'auparavant<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> À noter que les coefficients pour la vieille technologie sont estimés directement et présentés dans la colonne (1) du tableau 6, tandis que les coefficients de la nouvelle technologie sont calculés comme étant la somme des coefficients de l'ancienne technologie et des deux coefficients de différence.

Les estimations montrent clairement que les « vieilles » technologies de production se démarquent par une plus grande flexibilité. La pénalité sur le plan de la productivité qui est associée à la variété augmente considérablement, passant de -0,077 à -0,785, pour la nouvelle technologie. L'avantage de la nouvelle technologie est l'augmentation correspondante de l'effet d'échelle, avec un coefficient pour les expéditions totales de 0,498, soit plus du double de l'estimation de 0,226 obtenue pour la vieille technologie.

Les estimations des paramètres régissant les probabilités de l'une et l'autre technologies (non présentés) incitent à penser que la probabilité qu'un nouvel établissement entre en production avec une technologie de masse augmente avec le temps; cependant, cette augmentation n'est pas statistiquement significative. Si les établissements changent leurs modes d'exploitation, les changements ont tendance à rendre moins flexible la technologie de production, mais avec de plus grands effets d'échelle.

La constatation selon laquelle les établissements qui changent de technologie passent à une technologie de masse diffère du profil observé dans l'industrie de l'automobile aux États-Unis, mais constitue une réaction plausible à l'ALE Canada-États-Unis. À la faveur de l'ALE, les établissements canadiens ont obtenu plus facilement accès au marché américain, beaucoup plus important, ce qui est conforme aux résultats présentés au tableau 6 : avec le temps, la probabilité que les établissements canadiens choisissent la technologie offrant les plus grandes économies d'échelle a augmenté progressivement. Ce résultat est aussi conforme à la spécialisation accrue de la production, suscitée par l'ALE, qu'ont observée Baldwin et Gu (2006). Ces auteurs ont constaté que les baisses tarifaires avaient réduit la diversification des produits et augmenté les sé-

---

Ces derniers sont estimés directement et les résultats sont présentés dans la colonne (2). En conséquence, nous ne présentons pas le test statistique t pour la nouvelle technologie dans la colonne (3), mais la valeur très élevée du test statistique t pour les coefficients de différence indique que les effets d'échelle et d'envergure sont significativement différents pour les deux technologies.

ries de production des exportateurs, lesquels devraient normalement mettre l'accent sur quelques produits où ils possèdent un avantage comparatif. Pour les établissements non exportateurs, on a aussi observé que les baisses tarifaires réduisaient la diversification des produits, ce qui concorde avec une plus grande concurrence sur le marché intérieur en provenance des entreprises américaines.

#### 4.4 *Un continuum de technologies de production*

La dernière étape de notre analyse consiste à examiner les profils de la distribution de la productivité lorsque nous permettons aux paramètres d'échelle et d'envergure de varier de façon continue en fonction des décisions observées en matière d'adoption de technologies. Cette analyse ne peut être effectuée que pour l'échantillon technologie plus restreint parce que ce n'est que pour ces établissements que nous pouvons observer directement la technologie utilisée. En guise de test de robustesse, nous permettons aux coefficients d'échelle et d'envergure de varier en fonction des droits tarifaires à l'importation au Canada et aux États-Unis, comme dans l'équation (3). Cette dernière régression peut être estimée pour l'échantillon complet. Les établissements soumis à une plus forte concurrence des importations ou qui ont de meilleures perspectives d'exportation auront des demandes différentes en matière de technologie, dans l'optique de renforcer leurs économies d'échelle et/ou d'envergure potentielles; cela devrait ressortir des coefficients estimés.

Pour l'échantillon technologie, nous avons des renseignements sur l'utilisation de 22 technologies de pointe – la liste complète figure en appendice. Certaines de ces technologies pourraient contribuer à réduire la pénalité sur le plan de la productivité qui est associée à la variété des produits, tandis que d'autres pourraient même l'aggraver. Nous n'avons aucun moyen de déterminer à l'avance l'effet attendu de chaque technologie sur la base de sa description – bien que les profils qui ressortent du tableau 2 nous en donnent une indication.

Par souci de simplicité, nous avons créé une variable binaire agrégée, qui est égale à 1 si l'une des 22 technologies de pointe

est adoptée et à 0 dans le cas contraire. Nous estimons ensuite l'équation (1) pour l'échantillon technologie, en permettant une interaction entre l'utilisation de la technologie et les variables d'échelle et d'envergure. Ces estimations sont présentées dans le volet supérieur du tableau 7 pour l'ensemble de l'échantillon technologie.

Avec des effets fixes au niveau de l'industrie ou de l'établissement, nous constatons que l'adoption de la technologie est associée à des rendements d'échelle plus élevés. À la lumière des statistiques sommaires présentées au tableau 2, nous savons déjà que les grandes entreprises ont une probabilité beaucoup plus élevée d'adopter des technologies de pointe; néanmoins, les estimations présentées au tableau 7 indiquent que cela ne veut pas dire qu'elles ont exploité toutes leurs économies d'échelle. Au contraire, l'utilisation d'une technologie de pointe est associée à de plus grandes économies d'échelle, même si les établissements qui les ont adoptées ont une plus grande taille. À noter que la causalité pourrait aller dans un sens ou dans l'autre. Il se peut que les nouvelles technologies augmentent les économies d'échelle, mais il est tout aussi possible que les entreprises qui bénéficient d'économies d'échelle plus importantes sont celles qui modernisent le plus rapidement leur technologie.

Les estimations indiquent que le coefficient de l'interaction entre l'utilisation de la technologie et le nombre de biens, « envergure x technologie », est négatif avec l'un ou l'autre des ensembles de mesures de contrôle; l'effet est particulièrement marqué dans la spécification qui englobe des effets fixes au niveau de l'établissement. Lorsque les établissements augmentent le nombre de biens qu'ils produisent et, simultanément, adoptent de nouvelles technologies, leur productivité est mise à rude épreuve. Nous constatons que l'adoption d'une technologie est plus fréquente dans les établissements qui ont une technologie de masse inflexible et qui peuvent entrevoir des économies d'échelle; interprété différemment, les nouvelles technologies ont tendance à rendre la technologie de production moins flexible<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> La distinction entre ces deux interprétations causales déborde du cadre de la présente étude.

Nous avons estimé la même spécification séparément pour deux groupes d'industries, définis en fonction de l'importance des réductions tarifaires dans l'ALE Canada–États-Unis. Les résultats présentés dans les volets (b) et (c) du tableau 7 montrent que les effets précités sont principalement attribuables aux industries qui ont bénéficié des plus fortes baisses tarifaires. Pour les industries où les réductions tarifaires ont été modestes, les termes d'interaction entre la technologie et les effets d'échelle et d'envergure sont toujours non significatifs. Pour les industries qui ont bénéficié d'importantes baisses tarifaires, le lien entre l'adoption de la technologie et une production inflexible devient encore plus marqué.

Nous avons ensuite cherché à évaluer l'impact individuel des 22 technologies sur la flexibilité de la production en incluant un ensemble complet de variables nominales pour l'utilisation de la technologie et des interactions entre leur utilisation et les variables d'échelle et d'envergure. Malheureusement, cette analyse est compliquée par de sérieux problèmes de multicollinéarité; la grande majorité des coefficients des termes d'interaction ne sont pas statistiquement significatifs.

Une piste prometteuse pour la recherche future sur cet aspect serait d'utiliser l'analyse factorielle pour réduire la dimensionnalité de la décision relative à l'adoption de la technologie. Nous avons observé que 74 p. 100 de la variation dans les taux d'adoption s'explique par un seul facteur, et que 90 p. 100 de cette variation s'explique par les deux premiers facteurs. Le premier facteur attribue des pondérations non nulles à la plupart des technologies, mais le facteur de pondération le plus élevé correspond aux technologies a16 et a17, du groupe *Inspection et communications*, et aux technologies a18 et a21, du groupe *Systèmes d'information de fabrication*<sup>13</sup>. Dans des travaux ultérieurs, nous envisageons d'estimer les équations (1) et (3) en utilisant uniquement les deux premiers facteurs comme termes d'interaction pour les variables d'échelle et d'envergure.

---

<sup>13</sup> Le second facteur explique 15 p. 100 de la variation, mais accorde des pondérations substantielles à seulement cinq technologies (dont quatre appartiennent au groupe *Conception et ingénierie*).

Enfin, nous examinons plus attentivement l'impact direct des réductions tarifaires. Pour l'échantillon complet, nous incluons les droits tarifaires canadiens et américains dans l'équation (1), ainsi que les interactions entre les droits tarifaires et la production, et les droits tarifaires et le nombre de produits, comme dans l'équation (3). Puisque nous utilisons les niveaux réels des droits tarifaires, de faibles valeurs des variables tarifaires correspondent à une libéralisation des échanges. Avec le temps, les niveaux des droits tarifaires ont fléchi; en 1996, la plupart des droits tarifaires étaient nuls ou presque nuls.

Les résultats présentés au tableau 8 pour la spécification incluant uniquement les effets fixes au niveau de l'industrie sont, pour la plupart, non significatifs; en conséquence, nous nous intéressons aux résultats de la spécification qui englobe les effets fixes au niveau de l'établissement. Les estimations de la variable tarifaire sans interaction, présentées dans la colonne (2), incitent à penser que les établissements appartenant aux industries qui étaient initialement protégées par des droits tarifaires élevés au Canada ont bénéficié, en moyenne, d'une forte croissance de la productivité, tandis que les établissements qui faisaient face à des tarifs élevés aux États-Unis ont enregistré une croissance plus lente de la productivité. Envisagé différemment, les établissements évoluant dans les industries où le Canada a consenti de fortes réductions tarifaires ont bénéficié, en moyenne, de taux de croissance de la productivité plus élevés – ce qui pourrait être attribuable à la plus forte concurrence qui a prévalu après l'entrée en vigueur de l'ALE.

En mettant en interaction les droits tarifaires aux États-Unis et les variables qui nous intéressent, nous obtenons une très faible estimation ponctuelle de l'impact d'une plus grande envergure sur la productivité de travail, laquelle n'est significativement différente de zéro. L'interaction avec l'échelle, par contre, a un impact important, positif et statistiquement très significatif sur la productivité du travail. Cela pourrait traduire la présence d'importantes économies d'échelle pour les établissements qui, initialement, faisaient face à des droits tarifaires plus élevés aux États-Unis. Lorsque des occasions d'exportation aux États-Unis sont apparues, ces établissements ont soit investi dans la nou-

velle technologie requise pour exploiter ces économies d'échelle potentielles, soit – ce qui est plus plausible à notre avis – augmenté simplement leur production en exploitant et en épuisant toutes les économies d'échelle que leur offrait leur technologie existante.

C'est l'inverse qui s'est produit sur le marché intérieur au Canada. Les établissements appartenant à des industries où les droits tarifaires canadiens ont diminué de façon significative ont vu augmenter les économies d'échelle à leur portée. Une explication plausible est que la concurrence provenant de l'expansion des importations américaines a réduit, en termes réels, l'échelle d'exploitation de nombreux établissements intérieurs, ce qui pourrait vouloir dire qu'ils se sont retrouvés avec des économies d'échelle *potentielles* plus importantes, s'il n'y a pas eu d'ajustement du côté de la technologie de production. Une autre observation dans le cas de ces industries est que le coefficient de l'interaction entre le niveau tarifaire canadien et le nombre de biens est négatif. Initialement, lorsque les droits tarifaires étaient élevés, il y avait d'importantes déséconomies d'envergure, mais à mesure que les droits tarifaires ont diminué vers zéro, ces déséconomies ont disparu. Les établissements canadiens semblent s'être rajustés à la libéralisation du commerce en rendant leur processus de production plus flexible et en réduisant la pénalité à la productivité associée à un vaste portefeuille de produits. Un autre processus qui pourrait avoir contribué au profil observé est que ces établissements ont réduit leurs gammes de produits et que la diversification moins grande a ramené leur portefeuille de produits dans un intervalle où ils peuvent gérer la variété de façon plus efficiente.

## **5. Conclusion**

Les résultats indiquent que les établissements manufacturiers canadiens sont placés devant un arbitrage en termes de productivité : une production accrue hausse la productivité, mais une plus grande variété de produits contribue à la réduire. Peu importe comment les données sont analysées, ce profil demeure robuste, mais la prime de productivité associée à l'échelle et la

pénalité liée à la variété varient parmi les établissements.

Nous pouvons distinguer des situations où les deux primes sont importantes en valeur absolue, que nous associons à la production de masse ou à des établissements inflexibles. Dans d'autres cas, que nous associons à des technologies de production flexibles, les deux primes sont modestes, indiquant de faibles rendements d'échelle, mais aussi de faibles déséconomies d'envergure. L'une ou l'autre technologie peut être idéale pour un établissement, selon son échelle d'exploitation et la composition de sa production. À titre d'exemple, nous constatons que les établissements sous contrôle étranger qui n'exportent pas semblent choisir la technologie la moins flexible, c'est-à-dire qu'ils ont les primes de productivité les plus élevés tant pour l'échelle (positive) que pour l'envergure (négative).

Nous avons estimé un modèle qui permet deux paramétrisations de l'arbitrage échelle-envergure pour la technologie de production accessible aux établissements de notre échantillon. L'algorithme d'estimation laisse les données décider quelle technologie est la plus appropriée pour chaque observation établissement-année et intègre un changement de technologie à sens unique. Les deux technologies ainsi estimées peuvent clairement être identifiées comme étant la technologie de masse et la technologie flexible.

Nos résultats incitent à penser que la technologie de masse gagne en importance avec le temps. L'exploitation de plus grandes économies d'échelle semble devenir plus précieuse avec le temps que le maintien d'une flexibilité au niveau de la production.

Lorsque nous permettons aux primes liées à l'échelle et à l'envergure de varier de façon continue avec l'adoption de la technologie et les taux tarifaires, notre analyse fait ressortir des conclusions similaires. L'adoption de la technologie est associée à une production moins flexible, notamment dans les établissements évoluant dans des industries où les réductions tarifaires ont été importantes à la faveur de l'ALE Canada-États-Unis. En particulier, la réduction des droits tarifaires aux États-Unis est associée avec une diminution des économies d'échelle disponibles, ce qui concorde avec une forte expansion de la

production des exportateurs canadiens. En revanche, la réduction des droits tarifaires à l'importation au Canada a eu l'effet inverse sur les économies d'échelle dans les industries où il y a concurrence des importations, mais cela a aussi réduit la pénalité sur le plan de la productivité associée à la variété des produits dans ces industries – en raison soit de changements au niveau des opérations soit de la suppression de certaines gammes de produits.

### **Bibliographie**

- Baldwin, John R. et Wulong Gu. 2006. « Les répercussions du commerce sur la taille des usines, la durée des cycles de production et la diversification », *Série de documents de recherche sur l'analyse économique*, n° 038, Statistique Canada, n° 11F0027MIF au catalogue.
- Baldwin, John R. et Alla Lileeva. 2008. « Adaptation à la concurrence des importations : effets du commerce avec les pays à bas salaires sur le portefeuille de produits des établissements manufacturiers canadiens », *Série de documents de recherche sur l'analyse économique*, n° 054, Statistique Canada, n° 11F0027MIF au catalogue.
- Baldwin, John R. et Zhengxi Lin. 2002. « Impediments to Advanced Technology Adoption for Canadian Manufacturers », *Research Policy*, vol. 31, n° 1, janvier, p. 1-18.
- Baldwin, John R. et Mohammed Rafiquzzaman. 1998. « The Determinants of the Adoption Lag for Advanced Manufacturing Technologies », paru dans *Management of Technology, Sustainable Development and Economic Efficiency*, publié sous la direction de Louis A. Lefebvre, Robert M. Mason et Tarek Khalil, Amsterdam, Elsevier.
- Baldwin John. R et David Sabourin. 1995. « Adoption de la technologie dans le secteur de la fabrication au Canada », *Enquête sur les technologies de pointe dans l'industrie canadienne de la fabrication*, Statistique Canada, n° 88-512 au catalogue.

- Bernard, Andrew B., Bradford J. Jensen et Peter K. Schott. 2006. « Survival of the Best Fit: Exposure to Low-Wage Countries and the (Uneven) Growth of US Manufacturing Plants », *Journal of International Economics*, vol. 68, n° 1, janvier, p. 219-237.
- Bernard, Andrew B., Stephen Redding et Peter K. Schott. 2009. « Multi-Product Firms and Product Switching », *American Economic Review*, à paraître.
- Carlton, Dennis et Jeffrey M. Perloff. 2005. *Modern Industrial Organization*, 4<sup>e</sup> édition, Boston, Pearson, Addison-Wesley.
- Eaton, B. Curtis et Nicolas Schmitt. 1994. « Flexible Manufacturing and Market Structure », *American Economic Review*, vol. 84, n° 4, septembre, p. 875-888.
- Friedlaender, Ann F., Clifford Winston et Kung Wang. 1983. « Costs, Technology, and Productivity in the U.S. Automobile Industry », *Bell Journal of Economics*, vol. 14, n° 1, p. 1-20.
- Globerman, Steven. 2002. « Les liens entre changement technologique et croissance de la productivité », paru dans *Les enjeux de la productivité au Canada*, publié sous la direction de Someshwar Rao et Andrew Sharpe, Calgary, University of Calgary Press.
- MacDuffie, John Paul, Kannan Sethuraman et Marshall L. Fisher. 1996. « Product Variety and Manufacturing Performance: Evidence from the International Automotive Assembly Plant Study », *Management Science*, vol. 42, n° 3, p. 350-369.
- Norman George et Jacques-François Thisse. 1999. « Technology Choice and Market Structure: Strategic Aspects of Flexible Manufacturing », *Journal of Industrial Economics*, vol. 47, n° 3, septembre, p. 345-372.
- OCDE. 2009. *L'innovation dans les entreprises – Une perspective microéconomique*. Paris, OCDE.
- Rao, Someshwar, Ashfaq Ahmad, William Horsman et Phaedra Kaptein-Russell. 2002. « L'importance de l'innovation pour la productivité », *Les enjeux de la productivité au Canada*, publié sous la direction de Someshwar Rao et Andrew Sharpe, Calgary, University of Calgary Press.

- Trefler, Daniel. 2004. « The Long and the Short of the Canada-U.S. Free Trade Agreement », *American Economic Review*, vol. 94, n° 4, septembre, p. 870-895.
- Van Biesebroeck, Johannes. 2002. « The Effect of Technology Choice on Automobile Assembly Plant Productivity », *Economic and Social Review*, vol. 33, n° 1, printemps, p. 65-73.
- Van Biesebroeck, Johannes. 2003. « Productivity Dynamics with Technology Choice: An Application to Automobile Assembly », *Review of Economic Studies*, vol. 70, n° 1, janvier, p. 167-198.
- Van Biesebroeck, Johannes. 2005. « Trends and Complementarities in the Canadian Automobile Industry », photocopié; à paraître dans *Industrial Economics and Performance in Canada*, publié sous la direction de Ziqhi Chen et Marc Duhamel, Ottawa, Carleton University Press.
- Van Biesebroeck, Johannes. 2007a. « The Cost of Flexibility », *Assembly Automation*, vol. 27, n° 1, mars, p. 55-64.
- Van Biesebroeck, Johannes. 2007b. « Complementarities in the Automotive Industry », *Journal of Applied Econometrics*, vol. 22, n° 7, décembre, p. 1315-1345.

Tableau 1: Statistiques descriptives

	MOYENNE	ÉCART TYPE	MINIMUM	MAXIMUM
Échantillon complet <sup>1</sup> , N=46 324				
Logarithme de la productivité	10,952	0,759	2,526	18,759
Nombre de biens	2,437	2,109	1,000	33,000
Logarithme du nombre de biens	0,660	0,634	0,000	3,497
Logarithme des expéditions	15,189	1,800	8,854	23,575
Variable nominale pour le contrôle étranger	0,185	0,388	0,000	1,000
Variable nominale pour le statut à l'exportation	0,317	0,465	0,000	1,000
Échantillon technologie <sup>2</sup> N=3 887				
Logarithme de la productivité	11,160	0,791	4,920	16,532
Nombre de biens	2,720	2,671	1,000	33,000
Logarithme du nombre de biens	0,727	0,689	0,000	3,497
Logarithme des expéditions	16,115	1,687	10,309	21,637
Variable nominale pour le contrôle étranger	0,324	0,468	0,000	1,000
Variable nominale pour le statut à l'exportation	0,394	0,489	0,000	1,000

<sup>1</sup> Ensemble des établissements ayant participé à l'EAM pour lesquels des données sur les biens étaient disponibles pour les années 1988, 1993 et 1996.

<sup>2</sup> Les établissements qui ont participé à l'EAM et pour lesquels des données sur les biens étaient disponibles pour les années 1988, 1993 et 1996 et qui ont participé à l'Enquête sur les innovations et les technologies de pointe de 1993.

Tableau 2 : Taux d'adoption des technologies (échantillon technologie, N=3 887)

	ERREUR			ERREUR		Nombre d'adopteurs	Nombre moyen de biens	Expéditions moyennes des adopteurs
	MOYENNE	TYPE		MOYENNE	TYPE			
CI	0,360	0,480	a1	0,334	0,472	806	2,78	91 853 924
			a2	0,121	0,326	294	2,83	70 004 980
			a3	0,070	0,255	148	2,81	92 429 905
FM	0,252	0,434	a4	0,076	0,266	180	2,68	146 984 000
			a5	0,175	0,380	512	2,55	59 700 646
			a6	0,028	0,165	72	2,60	145 206 917
			a7	0,054	0,226	130	2,38	175 467 823
			a8	0,053	0,224	138	2,43	111 251 007
MAM	0,057	0,232	a9	0,057	0,232	165	2,98	102 421 818
			a10	0,000	0,000	55	2,85	149 016 473
IC	0,398	0,490	a11	0,091	0,288	255	3,40	187 672 427
			a12	0,118	0,322	332	3,14	180 070 018
			a13	0,169	0,375	369	2,97	146 316 293
			a14	0,134	0,340	303	3,21	154 873 426
			a15	0,112	0,315	240	3,38	125 131 825
			a16	0,277	0,447	804	3,10	119 722 148
			a17	0,232	0,422	624	3,13	136 557 646
SIF	0,308	0,462	a18	0,220	0,415	577	3,11	118 056 711
			a19	0,127	0,333	307	3,21	148 108 186
			a20	0,089	0,284	233	2,87	132 275 386
			a21	0,134	0,340	351	3,26	179 371 903
			a22	0,032	0,177	73	3,32	135 253 575

Notes : 1 Les expéditions moyennes des adopteurs sont exprimées en dollars canadiens courants.

2 Le groupe SIF comprend les logiciels, tels que les systèmes d'information de fabrication et l'intégration et les contrôles.

Tableau 3 : Impact de l'échelle et de l'envergure sur la productivité des établissements

Variable dépendante : logarithme de la productivité du travail				
	Estimation	Test statistique t	Estimation	Test statistique t
	(1)		(2)	
Effets fixes	Industrie		Établissement	
Échantillon complet, N=46 324				
Envergure	-0,091	(18,48)	-0,025	(-2,86)
Échelle	0,220	(114,26)	0,428	(55,28)
Année 1993	0,153	(20,20)	0,114	(16,64)
Année 1996	0,202	(26,80)	0,106	(14,50)
Échantillon technologie, N=3 887				
Envergure	-0,117	(-6,97)	-0,051	(-1,94)
Échelle	0,229	(28,91)	0,537	(21,88)
Année 1993	0,145	(5,99)	0,110	(5,61)
Année 1996	0,196	(7,90)	0,096	(4,45)

Note : Estimations de l'équation (1). L'envergure est mesurée par le logarithme du nombre de biens; l'échelle est mesurée par le logarithme des expéditions.

Tableau 4 : Estimations des effets d'échelle et d'envergure en utilisant des variables instrumentales, échantillon technologie, N=3 887

Variable dépendante : logarithme de la productivité du travail				
	Estimation	Test statistique t	Estimation	Test statistique t
	(1)		(2)	
Effets fixes	Industrie		Établissement	
Instruments	Échelle moyenne au niveau de l'industrie		Dépenses de chauffage et d'énergie	
Envergure	-0,124	<i>(-7,14)</i>	-0,087	<i>(-5,00)</i>
Échelle	0,248	<i>(17,19)</i>	0,151	<i>(15,01)</i>

Note : Estimations de l'équation (1) à l'aide de variables instrumentales pour l'échelle (expéditions totales). Les variables sont mesurées comme au tableau 3 et des variables nominales pour les années sont incluses, mais les coefficients estimés ne sont pas rapportés.

Tableau 5: Estimations de l'arbitrage échelle-gamme pour différents types d'établissements (échantillon complet)

		Variable dépendante : logarithme de la productivité du travail				N
		Estimation	Test statistique t	Estimation	Test statistique t	
		(1)		(2)		
Effets fixes		Industrie		Établissement		
Non-exportateurs de propriété nationale	Envergure	-0,080	<i>(-10,90)</i>	-0,026	<i>(-1,63)</i>	24 488
	Échelle	0,220	<i>(73,94)</i>	0,413	<i>(30,72)</i>	
Exportateurs de propriété nationale,	Envergure	-0,097	<i>(-12,12)</i>	-0,030	<i>(-1,73)</i>	13 289
	Échelle	0,205	<i>(47,98)</i>	0,442	<i>(26,51)</i>	
Non-exportateurs de propriété étrangère	Envergure	-0,163	<i>(-7,58)</i>	-0,058	<i>(-1,34)</i>	3 602
	Échelle	0,255	<i>(22,80)</i>	0,570	<i>(17,67)</i>	
Exportateurs de propriété étrangère	Envergure	-0,048	<i>(-3,34)</i>	-0,043	<i>(-1,56)</i>	4 945
	Échelle	0,197	<i>(24,82)</i>	0,523	<i>(20,25)</i>	

Note : Résultats d'estimation par la méthode des MCO pour l'équation (1), les entreprises étant réparties en quatre catégories mutuellement exclusives. Des variables nominales pour les années sont incluses comme variables de contrôle.

Tableau 6 : Estimation non linéaire de deux technologies avec changement de technologie (échantillon technologie, N=3 887)

Variable dépendante : productivité du travail					
	Ancienne technologie		Différence		Nouvelle technologie
	Estimation	Test statistique t	Estimation	Test statistique t	Estimation induite
		(1)		(2)	(3)
Envergure	-0,077	<i>(-6,47)</i>	-0,708	<i>(-3,68)</i>	-0,785
Échelle	0,226	<i>(46,04)</i>	0,272	<i>(3,85)</i>	0,498

Note : Estimation par le maximum de vraisemblance des coefficients de l'ancienne technologie, colonne (1), et différence entre les coefficients de l'ancienne technologie et de la nouvelle technologies, colonne (2). Les estimations induites des coefficients de la nouvelle technologie sont présentés dans la colonne (3). L'ancienne technologie est la technologie que les établissements peuvent encore abandonner au profit d'une autre.

Tableau 7 : Arbitrage échelle-envergure avec coefficients variant selon l'utilisation de la technologie

	Variable dépendante : logarithme de la productivité du travail			
	Estimation	Test statistique t	Estimation	Test statistique t
	(1)	(1)	(2)	(2)
Effets fixes	Industrie		Établissement	
(a) Ensemble de l'échantillon technologie (N=3 887)				
Envergure	-0,110	<i>(-5,08)</i>	-0,015	<i>(-0,48)</i>
Échelle	0,218	<i>(20,87)</i>	0,512	<i>(18,99)</i>
Utilisation de la technologie	-0,627	<i>(-2,72)</i>	-0,818	<i>(-2,13)</i>
Envergure x technologie	-0,019	<i>(-0,61)</i>	-0,080	<i>(-2,15)</i>
Échelle x technologie	0,037	<i>(2,59)</i>	0,053	<i>(2,25)</i>
(b) Industries ayant bénéficié d'importantes réductions tarifaires (N=2 242)				
Envergure	-0,098	<i>(-3,44)</i>	-0,006	<i>(-0,14)</i>
Échelle	0,213	<i>(16,23)</i>	0,532	<i>(14,96)</i>
Utilisation de la technologie	-1,259	<i>(-4,11)</i>	-1,024	<i>(-2,06)</i>
Envergure x technologie	-0,064	<i>(-1,62)</i>	-0,116	<i>(-2,35)</i>
Échelle x technologie	0,077	<i>(4,05)</i>	0,066	<i>(2,19)</i>
(c) Industries ayant bénéficié de faibles réductions tarifaires (N=1 453)				
Envergure	-0,140	<i>(-4,04)</i>	-0,033	<i>(-0,66)</i>
Échelle	0,234	<i>(13,27)</i>	0,458	<i>(10,02)</i>
Utilisation de la technologie	0,182	<i>(0,49)</i>	-0,719	<i>(-1,11)</i>
Envergure x technologie	0,072	<i>(1,43)</i>	-0,019	<i>(-0,31)</i>
Échelle x technologie	-0,017	<i>(-0,73)</i>	0,042	<i>(1,06)</i>

Tableau 8 : Arbitrage échelle-envergure en fonction des droits tarifaires canadiens et américains (échantillon complet)

	Variable dépendante : logarithme de la productivité du travail			
	Estimation	Test statistique t	Estimation	Test statistique t
	(1)		(2)	
Effets fixes	Industrie		Établissement	
Envergure	-0,078	<i>(-12,89)</i>	-0,010	<i>(-1,00)</i>
Échelle	0,220	<i>(97,62)</i>	0,428	<i>(53,05)</i>
Droits tarifaires à l'entrée au Canada (TC)	-0,504	<i>(-0,52)</i>	5,159	<i>(3,40)</i>
Envergure x TC	-0,134	<i>(-0,82)</i>	-0,356	<i>(-1,83)</i>
Échelle x TC	0,010	<i>(0,17)</i>	-0,321	<i>(-3,39)</i>
Droits tarifaires à l'entrée aux États-Unis (TUS)	1,913	<i>(0,97)</i>	-7,606	<i>(-2,39)</i>
Envergure x TUS	-0,338	<i>(-1,21)</i>	0,018	<i>(0,05)</i>
Échelle x TUS	-0,088	<i>(-0,72)</i>	0,448	<i>(2,24)</i>

## Appendice

Tableau A.1 Liste des technologies manufacturières de pointe

Code	Description
<b>Conception et ingénierie</b>	
A1	Conception assistée par ordinateur (CAO) ou ingénierie assistée par ordinateur (IAO)
A2	CAO appliquée au contrôle des machines utilisées dans la fabrication (CFAO)
A3	Représentation numérique des données de la CAO à des fins d'acquisition
<b>Fabrication et montage</b>	
A4	Cellules ou systèmes de fabrication flexibles (CFF/SFF)
A5	Machines à commande numérique et à commande numérique pilotée par ordinateur
A6	Système d'usinage laser
A7	Bras-transferts
A8	Autres robots
<b>Manutention automatisée des matériaux</b>	
A9	Systèmes de stockage et de récupération automatique (SSRA)
A10	Systèmes de véhicules à guidage automatique (SVGGA)
<b>Inspection et communications</b>	
A11	Appareils automatisés à capteurs utilisés pour l'inspection ou l'essai des matières d'arrivée ou en cours de transformation
A12	Appareils automatisés à capteurs utilisés pour l'inspection ou l'essai du produit final
A13	Réseau local de données techniques
A14	Réseau local à l'usage de l'usine
A15	Réseau informatique reliant l'établissement aux sous-traitants, aux fournisseurs ou aux clients
A16	Dispositifs de commande programmables
A17	Ordinateurs industriels de commande en usine
<b>Systèmes d'information de fabrication</b>	
A18	Planification des besoins de matière (PBM)
A19	Planification des ressources de fabrication (PRF)
<b>Intégration et contrôle</b>	
A20	Fabrication intégrée par ordinateur (FIO)
A21	Acquisition et contrôle des données de supervision (ACDS)
A22	Systèmes d'intelligence artificielle et/ou experts