



Série Scientifique
Scientific Series

96s-11

**Mesures de la croissance de la
productivité dans un cadre d'équilibre
général : L'économie du Québec entre
1978 et 1984**

Pierre Mohnen, Thijs ten Raa, Gilles Bourque

Montréal
mars 1996

CIRANO

Le CIRANO est une corporation privée à but non lucratif constituée en vertu de la Loi des compagnies du Québec. Le financement de son infrastructure et de ses activités de recherche provient des cotisations de ses organisations-membres, d'une subvention d'infrastructure du ministère de l'Industrie, du Commerce, de la Science et de la Technologie, de même que des subventions et mandats obtenus par ses équipes de recherche. La *Série Scientifique* est la réalisation d'une des missions que s'est données le CIRANO, soit de développer l'analyse scientifique des organisations et des comportements stratégiques.

CIRANO is a private non-profit organization incorporated under the Québec Companies Act. Its infrastructure and research activities are funded through fees paid by member organizations, an infrastructure grant from the Ministère de l'Industrie, du Commerce, de la Science et de la Technologie, and grants and research mandates obtained by its research teams. The Scientific Series fulfils one of the missions of CIRANO: to develop the scientific analysis of organizations and strategic behaviour.

Les organisations-partenaires / The Partner Organizations

- Ministère de l'Industrie, du Commerce, de la Science et de la Technologie.
- École des Hautes Études Commerciales.
- École Polytechnique.
- Université de Montréal.
- Université Laval.
- McGill University.
- Université du Québec à Montréal.
- Bell Québec.
- La Caisse de dépôt et de placement du Québec.
- Hydro-Québec.
- Fédération des caisses populaires de Montréal et de l'Ouest-du-Québec.
- Télélobe Canada.
- Société d'électrolyse et de chimie Alcan Ltée.
- Avenor.
- Service de développement économique de la ville de Montréal.
- Raymond, Chabot, Martin, Paré
- Banque Nationale du Canada

Ce document est publié dans l'intention de rendre accessibles les résultats préliminaires de la recherche effectuée au CIRANO, afin de susciter des échanges et des suggestions. Les idées et les opinions émises sont sous l'unique responsabilité des auteurs, et ne représentent pas nécessairement les positions du CIRANO ou de ses partenaires.

This paper presents preliminary research carried out at CIRANO and aims to encourage discussion and comment. The observations and viewpoints expressed are the sole responsibility of the authors. They do not necessarily represent positions of CIRANO or its partners.

Mesures de la croissance de la productivité dans un cadre d'équilibre général : L'économie du Québec entre 1978 et 1984*

Pierre Mohnen[†], Thijs ten Raa[‡], Gilles Bourque[§]

Résumé / Abstract

Nous proposons une nouvelle mesure de la croissance de la productivité totale des facteurs (PTF) issue d'un modèle d'équilibre général. Elle mesure le déplacement de la frontière d'efficacité d'une économie, étant donné ses ressources primaires, sa balance commerciale, sa technologie et la structure de sa demande finale domestique. Les prix sont endogènes. Nous appliquons cette nouvelle mesure à l'économie du Québec entre 1978 et 1984. Nous obtenons des taux de croissance de la PTF négatifs dans la plupart des industries manufacturières et des taux positifs et relativement élevés pour plusieurs industries du tertiaire. Le taux de croissance annuel agrégé de la PTF fut de 1,1% pour cette période.

We propose a new measure of total factor productivity (TFP) growth in a general equilibrium setting. It measures by how much the efficiency frontier moves outwards given the availability of primary resources, the technology and the structure of domestic final demand. Prices are endogenous. We apply this new measure to the Québec economy between 1978 and 1984. We find negative TFP growth rates in most of the manufacturing industries and positive and relatively high growth rates in the service sectors. Aggregate annual TFP growth was 1.1% over this period.

Mots Clés : Productivité, équilibre général concurrentiel, Québec

Keyword : Productivity, General Competitive Equilibrium, Québec

* Nous remercions le fonds FCAR, le Conseil de recherche en sciences humaines du Canada, CentER/KUB et la Fondation UQAM pour leur soutien financier. Ronald Rioux, Richard Landry, Gilbert Martin et Martin Bourassa nous ont aidés dans l'élaboration des données. Nous sommes reconnaissants à René Durand, Ed Wolff et trois lecteurs anonymes pour leurs commentaires très utiles. Nous tenons également à signaler que cet article va bientôt paraître dans la Revue Canadienne d'Économie.

[†] UQAM et CIRANO

[‡] Tilburg University

[§] UQAM

1 INTRODUCTION

Il est bien connu que dans des économies parfaitement concurrentielles les prix des facteurs reflètent fidèlement leurs productivités marginales. Dès lors, une solution facile est de supposer un monde concurrentiel et de se servir des prix du marché dans l'expression de la croissance de la productivité totale des facteurs (PTF). Nous nous opposons à une telle approche pour deux raisons. Premièrement, l'utilisation des prix comme mesures des productivités marginales rend le calcul de la croissance de la PTF un exercice trivial de comptabilité, démuné de tout pouvoir explicatif. Deuxièmement, la concurrence parfaite ne tient pas en pratique. Dans la présente étude, nous proposons un tour de force qui permet de calculer la croissance de la PTF à partir des fondements que constituent les dotations en ressources, les technologies et les préférences.¹ Elle est mesurée par le déplacement de la frontière des possibilités de production sousjacentes. Les prix intervenant dans son calcul sont des prix fictifs, correspondant à un monde fictif de concurrence parfaite, et non les prix observés.²

La détermination de prix fictifs correspondant à un équilibre général et à une frontière d'efficacité nous permet de nous défaire d'un seul coup de deux contradictions apparentes dans les études qui se placent dans un monde en concurrence parfaite: l'existence de prix différents pour les mêmes inputs dans différents secteurs de l'économie et la présence de capacités excédentaires en concurrence parfaite. Nous espérons convaincre le lecteur du sérieux de notre mesure en l'appliquant à une économie, qui a rarement fait l'objet d'une étude de productivité à un niveau très désagrégé, celle de la province du Québec entre 1978 et 1984.

Cette mesure généralise plusieurs de celles communément utilisées dans la littérature.³ Elle s'apparente aux mesures néoclassiques (Gollop et Jorgenson (1980)) par la reconnaissance de la substitution entre les facteurs de production, mais sans imposer l'égalité entre les productivités marginales et les prix observés des facteurs. Elle tient de l'analyse entrée-sortie son caractère d'équilibre général (voir Wolff (1985)). Elle emprunte de la littérature des frontières d'efficacité l'idée de distinguer entre des déplacements de la frontière d'efficacité et des rapprochements par rapport à celle-ci (Nishimizu and Page (1982)). Elle permet une analyse simultanée et intégrée des taux de croissance sectoriels et agrégé de la productivité par l'application de la règle d'agrégation de Domar (Domar (1961), Hulten (1978)). Finalement, elle reconnaît l'utilisation du déficit commercial comme une source de bien-

être, comme dans Diewert et Morrison (1986), tout en laissant le modèle déterminer la direction des échanges, plutôt que de l'imposer *a priori*.

Dans la prochaine section, nous présentons le cadre théorique de notre analyse. Quelques explications concernant les données utilisées sont fournies dans la section III. Nos résultats sur la croissance de la PTF au Québec entre 1978 et 1984 sont présentés et discutés dans la section IV.

2 UNE NOUVELLE MESURE DE LA PRODUCTIVITÉ EN ÉQUILIBRE GÉNÉRAL

A chaque année, l'état efficient de l'économie est obtenu par la résolution du problème économique suivant:⁴

$\max_{t,s,g} (DFD)t$ sous les contraintes suivantes:

$$(V' - U) s \geq ft + Jg \quad (1)$$

$$(L_{.1} + L_{.2})'s + (l_1 + l_2)t \leq N_1 + N_2 \quad (2)$$

$$L'_{.2}s + l_2t \leq N_3 \quad (3)$$

$$\hat{K}\hat{c}s \leq K \quad (4)$$

$$-\pi'g \leq D \quad (5)$$

$$s \geq 0$$

où

$DFD = \tilde{p}'f + \tilde{w}'1$ = demande finale domestique;

\tilde{p} = vecteur (mx1) des prix observés par catégorie de transaction;

f = vecteur (mx1) de la demande finale domestique;

l = vecteur (2x1) de l'emploi non-commercial, en heures-personnes,
où l_1 se rapporte aux ouvriers et l_2 aux employés;

\tilde{w} = vecteur (2x1) des taux horaires de rémunération de l ;

t = salaire de niveau de la demande finale domestique;

s = vecteur (nx1) des niveaux d'activité, où n est le nombre de secteurs;

g = vecteur (m_T x1) des exportations nettes, où T est l'indice des biens échangeables;

V = matrice de la production (nxm);

U = matrice d'utilisation (mxn);

J = matrice (mxm $_T$) de sélection des biens échangeables;

L = matrice (nx2) de l'emploi commercial, en heures-personnes;

N = vecteur (2x1) de la force de travail, en heures-personnes;

K = vecteur (nx1) des stocks de capital sectoriels;

c = vecteur (nx1) des taux d'utilisation des capacités;

π = vecteur (m_T x1) des prix mondiaux, par catégorie de biens échangeables;

D = déficit commercial observé = $-\pi'(V'e - Ue - f)_T$

e = vecteur unité de dimension appropriée;

$\hat{}$ = opérateur de diagonalisation d'un vecteur colonne.⁵

L'efficacité optimale dans l'allocation des ressources est déterminée par la résolution d'un problème de programmation linéaire, où la main invisible maximise le niveau de la demande finale domestique (t) et détermine en ce faisant les niveaux de production sectoriels (s) et les exportations nettes (g) qui sont compatibles avec trois types de contraintes: la production nette dans chaque secteur doit être suffisante pour satisfaire la demande finale domestique et les exportations nettes (1); les ressources primaires utilisées par l'ensemble des secteurs ne peuvent dépasser les ressources totales disponibles ((2) à (4)); le déficit commercial encouru par les choix du planificateur ne peut dépasser le déficit observé (5).⁶ Il existe des substitutions possibles dans les techniques de production, car les biens peuvent être produits à l'aide de différentes activités.⁷ L'efficacité découle de la pleine utilisation des ressources, de son allocation optimale entre les différents secteurs de l'économie et de la spécialisation internationale.

Il y a deux types de travailleurs: l'ouvrier et l'employé. L'employé (col blanc) peut accomplir les tâches de l'ouvrier (col bleu), mais pas l'inverse. Les travailleurs de chaque catégorie sont parfaitement mobiles à l'intérieur du Québec et peuvent être affectés à l'emploi commercial, donc aux industries correspondant aux colonnes des matrices V' et U , ou à l'emploi non-commercial, qui livre directement ses services à la demande finale. Le capital est spécifique à chaque secteur. En d'autres termes, nous supposons des technologies putty-clay, où le capital une fois installé devient inamovible. L'économie que nous considérons est une économie ouverte, où le déficit commercial permis est borné par le déficit observé en tenant compte à la fois des importations concurrentielles et non-concurrentielles. Plus le déficit admissible est grand, plus l'économie peut se permettre un niveau de vie plus élevé.

Le problème dual de programmation linéaire est:

$$\min_{p, w, r, \varepsilon} w'N + r'K + \varepsilon D \quad \text{sous les contraintes suivantes}$$

$$p'(V' - U) \leq w'L' + r'\hat{K} \quad (6)$$

$$p'f + w'l = DFD \quad (7)$$

$$p'J = \varepsilon \pi \quad (8)$$

$$p \geq 0, \quad w_2 \geq w_1 \geq 0, \quad r \geq 0, \quad \varepsilon \geq 0$$

où p, w, r et ε sont respectivement les prix fictifs des biens et services, des types de travail et de capital, et du déficit commercial. Par le théorème des relations d'exclusion, un prix fictif est positif seulement si la contrainte correspondante est serrée. Les prix fictifs w et r dévoilent donc les productivités marginales des différents types de travail et de capital dans l'économie. Le prix fictif ε représente la valeur marginale d'un déficit supplémentaire permis à la balance commerciale des biens échangeables. Quant aux éléments de p , ils représentent les prix domestiques de chaque bien qui soutiennent l'état optimal. Par le théorème des relations d'exclusion, l'équation (6) révèle qu'un secteur n'affichera un niveau d'activité positif que s'il ne fait pas de pertes. Cette propriété découle de la caractérisation de l'état optimal comme un équilibre concurrentiel.⁸ L'équation (7) est une condition de normalisation, qui correspond au choix d'un numéraire en équilibre général. Il est à noter que c'est une identité comptable si les prix fictifs correspondent aux prix observés. L'équation (8) indique que, pour les biens échangeables, les prix domestiques doivent correspondre aux prix mondiaux à un facteur près, qui est le multiplicateur de la balance commerciale et que l'on peut interpréter comme une parité de pouvoir d'achat.

Par le théorème des relations d'exclusion appliqué à (6), nous avons:

$$[p^*(V' - U) - w^*L' - r^*\hat{c}K]s^* = 0.9 \quad (9)$$

où les étoiles représentent des solutions optimales. Cette équation n'est autre que l'identité comptable entre le produit national et la dépense nationale à l'équilibre optimal. En différenciant totalement (9), en convertissant les changements continus en taux de croissance, en normalisant chaque terme par $\sum p_j^* F_j^*$, et en isolant d'un côté les croissances des quantités et de l'autre celles des prix fictifs, nous obtenons, de part et d'autre du signe égalité, deux mesures alternatives du taux de croissance de la PTF agrégée (T^*):

$$\begin{aligned}
\dot{T}^* &= \sum_i \sum_j [(p_j^*(v_{ij} - u_{ji})s_i^*) / (\sum_j p_j^* F_j^*)] (v_{ij} - u_{ji}) \\
&\quad - \sum_l \sum_i [(w_l^* L_{li} s_i^*) / (\sum_j p_j^* F_j^*)] \dot{L}_{li} \\
&\quad - \sum_i [(r_i^* c_i K_i s_i^*) / (\sum_j p_j^* F_j^*)] (c_i K_i) \dot{10}
\end{aligned} \tag{10}$$

et

$$\begin{aligned}
\dot{T}^* &= \sum_l \sum_i [(w_l^* L_{li} s_i^*) / (\sum_j p_j^* F_j^*)] \dot{w}_l^* \\
&\quad + \sum_i [(r_i^* c_i K_i s_i^*) / (\sum_j p_j^* F_j^*)] \dot{r}_i^* \\
&\quad - \sum_i \sum_j [(p_j^*(v_{ij} - u_{ji})s_i^*) / (\sum_j p_j^* F_j^*)] \dot{p}_j^* \dot{11}
\end{aligned} \tag{11}$$

où F_j^* est le j ème élément de la matrice $F^* = (V' - U)s^*$, v_{ij} est le (i, j) ème élément de la matrice V ou le (j, i) ème élément de la matrice V' , et u_{ji} est le (j, i) ème élément de la matrice U , un point au-dessus d'une variable représente son taux de croissance, les secteurs sont indicés par i , les catégories de biens par j .⁹

En (10), nous retrouvons la définition standard de la croissance de la PTF agrégée, à ceci près que les pondérations sont évaluées aux valeurs optimales des prix fictifs et des niveaux d'activité. Parce que les taux de croissance en (10) se réfèrent aux quantités observées, notre modèle d'optimisation n'affecte la mesure de la croissance de la PTF que par l'intermédiaire des pondérations. Nous pouvons interpréter la mesure de la productivité agrégée en économie ouverte comme étant l'efficacité dans la combinaison de travail, capital et déficit commercial pour la satisfaction de la demande finale domestique. Il est à noter que, en vertu de (9), les poids du côté des outputs comme du côté des inputs somment à un. En (11), nous retrouvons la mesure duale de la croissance de la PTF dérivée dans Gollop et Jorgenson (1980): la croissance dans les prix des facteurs primaires qui n'est pas reflétée dans la croissance des prix (ou coûts unitaires de production). L'équation (11) suggère une interprétation alternative de la croissance agrégée de la PTF: la somme pondérée des productivités marginales des contraintes de ressource primaires (travail, capital et balance commerciale) corrigées pour les augmentations de prix.

Si nous définissons la croissance de la PTF sectorielle comme

$$\begin{aligned} \dot{T}_i^* &= \sum_j [(p_j^* v_{ij} s_i^*) / D_i] \dot{v}_{ij} - \sum_j [(p_j^* u_{ji} s_i^*) / D_i] \dot{u}_{ji} \\ &\quad - \sum_l [(w_1^* L_{li} s_i^*) / D_i] \dot{L}_{li} - [(r_i^* c_i K_i s_i^*) / D_i] (c_i K_i) \dot{1} \end{aligned} \quad (12)$$

où $D_i = \sum_j p_j^* v_{ij} s_i^*$, nous retrouvons la règle d'agrégation de Domar:

$$\dot{T}^* = \sum_i [(\sum_j p_j^* v_{ij} s_i^*) / (\sum_j p_j^* F_j^*)] \dot{T}_i^* \quad (13)$$

L'équation (10) a été obtenue en différenciant dans (9) une somme de produits à deux facteurs, du genre $x_t y_t$. L'identité

$$x_t y_t - x_{t-1} y_{t-1} = \dot{x}_t \bar{x} \bar{y} + \dot{y}_t \bar{x} \bar{y} \quad (14)$$

où $\dot{x}_t = (x_t - x_{t-1}) / \bar{x}$ et $\bar{x} = (x_t + x_{t-1}) / 2$, et similairement pour \dot{y}_t et \bar{y} , nous donne le numérateur de l'équation (10) en temps discret. Comme dénominateur nous utilisons $\sum_i \sum_j \overline{p_j^* s_i^*} (\overline{v_{ij} - u_{ji}})$ pour faire en sorte que la somme des poids des outputs fasse un.¹⁰

3 DONNÉES

Nous mesurons la croissance de la productivité dans les différents secteurs de l'économie québécoise entre 1978 et 1984, les deux années les plus récentes pour lesquelles nous disposons de tableaux entrée-sortie. Les deux tableaux ont été réalisés par des organismes différents: celui de 1978 est l'oeuvre du Bureau de la Statistique du Québec (B.S.Q. (1986)), celui de 1984 a été fait par Statistique Canada (S.C. (1992)) pour le compte du B.S.Q.. Ceci pose quelques problèmes de compatibilité. Pour des raisons de disponibilité de données, nous avons dû procéder à une agrégation en 28 secteurs et en 53 catégories de biens. Pour 1978, nous avons converti les données des matrices d'utilisation et de demande finale aux prix sortie-usine et reconstruit les catégories de transport et de commerce, en nous servant d'une matrice de marges. Pour 1984, nous avons comblé les cellules des matrices entrée-sortie correspondant à des transactions non rapportées pour cause de confidentialité, en nous servant des intersections de lignes et de colonnes des matrices V' et U où la somme des éléments est significativement différente des totaux et en utilisant les matrices canadiennes comme points de repère.

Les données des tableaux entrée-sortie du Québec sont converties en dollars constants de 1971 en utilisant les déflateurs implicites par catégorie de transactions des tableaux intersectoriels canadiens (S.C. 15-510, 15-511, 15-201, 15-202). Les données sur les heures-personnes par secteur proviennent de plusieurs sources: B.S.Q. (1978, 1985), S.C. 31-203 et S.C. 72-002. Nous distinguons entre les salariés, qui sont rémunérés à l'heure, et les employés, qui sont rémunérés à la semaine ou au mois. L'emploi non-commercial regroupe tous les travailleurs qui rendent directement des services à la demande finale. Pour obtenir la force de travail totale en heures-personnes, nous additionnons l'emploi en heures-personnes de tous les secteurs, y compris le secteur non-commercial, pour les deux types de travailleurs, puis nous divisons les deux chiffres ainsi obtenus par le taux d'activité (tirés de B.S.Q. (1978, 1985)).

Les données sur le stock de capital brut par secteur ont été obtenues de Statistique Canada, et converties en dollars constants de 1971 en utilisant les déflateurs sectoriels des indices de prix des immobilisations en construction et machinerie par industrie de S.C. 13-211. Les taux d'utilisation des capacités proviennent du B.S.Q. (1978, 1985). Pour les secteurs où les données manquent, nous avons supposé que le taux d'utilisation varie en fonction de celui des industries en aval qui sont les plus gros acheteurs.

En l'absence de données sur les parités de pouvoir d'achat, nous posons que le prix mondial pour chaque catégorie de bien échangeable est égal au prix domestique observé dans la matrice de la production. Les trois biens pour lesquels nous n'observons aucun échange extérieur ni en 1978 ni en 1984 sont considérés comme des biens non-échangeables.¹¹

4 LA CROISSANCE DE LA PRODUCTIVITÉ AU QUÉBEC ENTRE 1978 ET 1984.

La première étape dans notre mesure des taux de croissance de la productivité consiste à déterminer les niveaux d'activité optimaux des 28 secteurs de l'économie québécoise et les prix implicites compatibles avec ces niveaux d'activité. Comme l'indique le tableau 1, la province du Québec aurait pu accroître sa demande finale domestique de 13% en 1978 et de 20% en 1984 si elle avait alloué de manière optimale ses ressources productives entre les

différents secteurs de l'économie. Il y a donc eu entre ces deux années un éloignement par rapport à la frontière d'efficacité de l'ordre de 60%. Ceci n'est pas étonnant puisque le taux de chômage est passé de 10,9% en 1978 à 12,8% en 1984, alors que en moyenne le degré d'utilisation des capacités de production est tombé de 87,4% à 82,2%.

L'allocation des ressources entre les secteurs se fait de la façon suivante dans ce modèle. Comme le capital ne peut être réalloué à d'autres secteurs, il suffit d'affecter les deux types de travailleurs aux différents secteurs, en commençant par le secteur à la plus haute valeur ajoutée par travailleur, jusqu'à utilisation complète de son capital, et en comblant ainsi l'un après l'autre les capacités d'utilisation des autres secteurs. S'il y a trop peu de travailleurs pour combler tous les secteurs, les moins importants, en terme de contribution à la demande finale domestique, resteront inactifs. Tel est le cas en 1984 pour les secteurs du cuir et de l'agriculture et de la pêche. S'il y a suffisamment de travailleurs pour activer tous les secteurs, comme en 1978, certains secteurs n'opèrent pas à pleine capacité. Ce sont ceux dont le prix fictif du capital est nul.¹² Construction et services personnels ne devraient jamais être utilisés à pleine capacité parce qu'ils produisent des biens non-échangeables ("édifices et maisons" et "autres constructions" dans le secteur de la construction et "hôtellerie et restauration" dans le cas du secteur 28), dont l'expansion n'est justifiée dans ce modèle que dans la mesure où la demande finale domestique augmente. Par ailleurs, il y avait un excès de capacité en 1978 dans l'agriculture et la pêche et en 1984 dans le commerce de gros et de détail. Puisque les salaires sont déterminés dans les secteurs les moins productifs, les autres secteurs bénéficient d'une rente, qui se reflète dans les coûts d'usage du capital.

Que les secteurs du cuir et de l'agriculture n'auraient pas dû être activés en 1984 s'explique, dans la logique économique sous-tendant ce modèle, par l'augmentation plus grande du capital que du travail entre les deux périodes. Pour donner un ordre de grandeur (ignorant les problèmes d'agrégation), le rapport capital total/travail total dans l'économie québécoise est passé de 8,77 1971\$/heure-personne en 1978 à 10,17 en 1984. Il y avait donc trop de capital en 1984 pour combler tous les secteurs. Toujours dans la logique du modèle, les produits du cuir et de l'agriculture auraient dû être importés de l'étranger, le capital productif dans ces secteurs aurait dû être mis au rebut et les travailleurs réaffectés à d'autres activités dans l'économie.¹³

Les salaires optimaux sont déterminés comme dans la théorie ricardienne

de la rente. Abstraction faite des autres contraintes, le salaire d'un type de travailleur est fixé par sa contribution marginale à la demande finale domestique dans le dernier secteur qui en engage. Il est intéressant de remarquer (tableau 1) que les cols blancs n'ont jamais mérité de prime salariale par rapport aux cols bleus.

La parité de pouvoir d'achat, le prix fictif de la balance commerciale, s'est améliorée au Québec entre 1978 et 1984. En 1978, les prix des biens échangeables étaient de 26% au-dessus des prix mondiaux, et 1984 plus de 8% plus élevés. Les taux de rendement sur le capital ont baissé presque partout, non seulement en termes réels mais aussi en termes nominaux. Les deux exceptions sont le secteur des produits du pétrole et du charbon et celui des services de la finance, de l'assurance et de l'immobilier. Le prix du travail a plus que doublé entre les deux années. Cette simple constatation suggère, d'après l'équation (11), que la croissance de la PTF agrégée est surtout le fait d'une augmentation de la productivité marginale du travail.

La deuxième étape dans notre calcul des taux de croissance de la productivité consiste à utiliser les niveaux d'activité et les prix fictifs optimaux pour pondérer les taux de croissance des inputs et des outputs dans les indices de croissance de la PTF (voir équation (10)). La deuxième colonne du tableau 2 présente nos mesures des taux de croissance annuels de la PTF aux niveaux sectoriels et agrégé entre 1978 et 1984. Deux tiers des secteurs de l'économie québécoise ont connu une baisse de leur PTF entre ces deux années, les plus importants étant les industries des mines, de la construction et des produits du pétrole. Il est étonnant de remarquer que les secteurs les plus performants au titre de la PTF sont les industries de la forêt, du bois et puis trois industries du tertiaire, les services de transport et communication, les services d'utilité publique et les finances, l'assurance et l'immobilier. Généralement, les secteurs du tertiaire sont réputés avoir une faible croissance de la productivité et contribuer au ralentissement général de la productivité d'une économie. Ici, l'inverse se produit, ce sont plutôt les industries manufacturières qui freinent la croissance de la PTF agrégée.

Il est intéressant à noter que nos résultats confirment ceux de Denny *et al.* (1991) et Statistique Canada (1989). Denny *et al.* (1991), dans une étude portant sur 10 secteurs de l'industrie manufacturière pour la période 1975-85, rapportent pour le Québec une décroissance de la PTF pour trois secteurs (12, 16, 20) et une croissance annuelle supérieure à 1% uniquement dans deux secteurs (11 et 18). Mentionnons également que les indices de productivité multifactorielle publiés par Statistique Canada (1989) donnent

pour le Canada et la période 1978-84, des taux de croissance positifs pour les industries de l'agriculture et des services, et des taux négatifs pour 9 des 19 secteurs de l'industrie manufacturière. Nos résultats pour le Québec confirment également ceux de Carter (1989) pour les Etats-Unis, comme quoi les plus grands ralentissements de la productivité se font sentir dans les secteurs des ressources exhaustibles: les mines et les produits du pétrole et du charbon affichent des taux de décroissance de la productivité de 8% à 9%. Il ne s'agit pas de progrès technologique au sens strict du terme mais d'une augmentation de coûts d'extraction éventuellement combinée à une baisse de qualité du produit extrait.

La première colonne du tableau 2 donne les pondérations à donner aux taux de croissance sectoriels pour obtenir d'après la règle d'agrégation de Domar (13) le taux de croissance agrégé de la PTF sur cette période. Le poids des industries des services étant important, et ceux-ci ayant un taux de croissance de la PTF très élevé, le taux de croissance annuel agrégé de la PTF était positif entre 1978 et 1984.

La différence entre notre mesure et la mesure traditionnelle néoclassique de la productivité réside entièrement dans les pondérations affectées aux croissances des inputs et des outputs. Notre mesure pondère ces flux observés par des parts de coût et de revenu consistant avec un calcul de rentabilité macroéconomique et non pas avec les parts observées. La mesure traditionnelle remplace dans (10) et (12) les p_j^* , w_i^* et r_i^* par les prix observés et les s_i^* par 1. Les données du tableau 2 nous permettent de comparer les deux mesures¹⁴. Les ordres de grandeur sont relativement proches. Dans un tiers des cas, la différence entre les taux dépasse 1%. Les signes ne changent que dans quatre secteurs. Nous constatons aussi que les pondérations diffèrent très peu entre les deux mesures, de telle sorte que les taux de croissance de la PTF agrégée qu'elles engendrent sont presque identiques. La frontière d'efficacité s'est déplacée de 1,10% l'an, mais, rappelons-le, il y a eu simultanément une baisse de l'efficacité globale de l'économie. Par conséquent, le déplacement observé de la frontière d'efficacité est plus élevé que ne le suggèrent les variations observées des inputs et des outputs (1,05%).

Nous avons fait quelques analyses de robustesse. Si aucune substitution n'existait entre ouvriers et employés, l'économie serait moins flexible, le gain d'efficacité globale à chaque période ne serait que légèrement plus réduit, et la croissance de la PTF serait elle aussi peu affectée. Par contre, la bonne détection des biens échangeables est importante. Avec chaque bien non-

échangeable en plus s'ajoute une contrainte au modèle, qui peut grandement affecter les prix fictifs et par conséquent la croissance de la PTF. Nos résultats sont robustes à des erreurs de mesure dans une des variables les moins bien mesurées, le taux d'utilisation des capacités de production. Tant que les secteurs actifs et inactifs restent les mêmes et que les erreurs de mesure ne varient pas trop dans le temps, les changements dans les croissances de la PTF seront minimales. D'après l'équation (9), les secteurs actifs verront leurs niveaux d'activité et leurs prix fictifs du capital changer au prorata des changements dans les taux d'utilisation, les autres prix fictifs restant inchangés. ¹⁵

NOTES

1. Dans un modèle plus général, la demande finale et la technologie pourraient, elles aussi, être modélisées comme endogènes et notamment varier avec la productivité. La croissance mesurée de la celle-ci n'en serait que renforcée, la technologie et la demande s'adaptant à la rareté des ressources.
2. Pour une estimation économétrique de frontière de production à partir de prix fictifs, voir Sickles, Good et Johnson (1986).
3. Diewert (1981 et 1992), Ouellette-Lasserre (1985) et Seiford et Thrall (1990) présentent des survols de mesures de la productivité.
4. Pour un exposé plus complet de ce type de modèle, voir ten Raa (1995).
5. Pour la résolution, le problème peut être simplifié en notant que (1) tiendra toujours avec une égalité pour les biens échangeables. En effet, il n'y a aucune raison de produire plus qu'il ne faut, car cet excès n'est pas valorisé dans la fonction objectif. Le vecteur g peut donc être résolu de (1) et substitué dans (5). Le problème se réduit alors à une résolution de $n + 1$ variables primales.
6. L'état actuel de l'économie est le point de référence pour la valeur de la fonction objectif ($t = 1$), pour les niveaux d'activité ($s = e$) et pour le déficit commercial permis (D).
7. Pour être aussi général que possible, nous utilisons des tableaux entrée-sortie rectangulaires. Comme nous l'a fait remarquer à juste titre un lecteur anonyme, les coefficients techniques que nous observons ont été choisis à partir des prix observés et pas à partir des prix fictifs. Pour répondre à cette objection, il faudrait modéliser le choix de techniques non-observées. Ceci dépasserait le cadre de ce travail.
8. Il est à noter que notre mesure de la productivité n'exclut pas l'existence de marchés monopolistiques, car ce sont les prix optimaux et non les prix existants qui entrent en ligne de compte.
9. En temps continu, les termes de la différenciation par rapport à s^* s'annulent, car soit s^* est et reste nul, auquel cas c'est trivial, soit s^* est positif, auquel cas c'est l'expression du profit, qui la multiplie, qui est et reste nulle (cfr (9)). Cependant en temps discret, il faut tenir compte du fait qu'un secteur puisse passer d'actif à inactif et vice versa. Pour cela, il faut ajouter

à (11) le terme $\sum_i (\sigma_i^* s_i^* / D_i) \dot{s}_i^*$, où $\sigma_i^* = r_i^* c_i K_i + \sum_l w_l^* L_{li} - \sum_j p_j^* (v_{ij} - u_{ji})$ représente la perte par unité produite. La disparition d'un secteur fait baisser la croissance de la productivité, car cela équivaut à la disparition d'un secteur qui auparavant faisait des profits. A l'inverse, l'apparition d'un secteur auparavant déficitaire fait croître la productivité globale de l'économie. Ce nouveau terme représente un effet structurel dans la décomposition de la croissance de la productivité.

10. Si en (10) nous avons normalisé pour faire en sorte que la somme des poids des inputs fasse un, les chiffres de croissance de la PTF n'auraient que légèrement changé.

11. De plus amples informations sur la construction des données et les clés de correspondance entre les tableaux de Statistique Canada et ceux du B.S.Q. sont disponibles sur demande.

12. En vertu des conditions d'exclusion en programmation linéaire, le nombre de variables actives dans le primal (les niveaux d'activité) est égal au nombre de contraintes serrées dans le dual (les prix fictifs).

13. Les recommandations auraient peut-être été différentes si nous avons pris en compte des coûts d'ajustement. Mais pour cela nous aurions besoin d'un modèle dynamique.

14. Pour comparer le plus fidèlement possible les deux mesures, nous avons utilisé la même approximation discrète et employé le capital utilisé et non le capital disponible comme facteur de production. Les salaires horaires observés pour les deux types de travailleur ont été obtenus en divisant les coûts de la main-d'oeuvre affectée aux activités manufacturières et de celle correspondant à la colonne "administration, bureau et autre personnel hors fabrication" de Statistique Canada, cat. 31-203, par le nombre d'heures-travail prestées dans le secteur manufacturier. Puis, nous avons gonflé ces chiffres à l'économie entière en respectant les totaux de la valeur travail dans les matrices d'utilisation. Le coût d'usage du capital est calculé de façon résiduelle à partir de la condition de profit nul.

15. Notre mesure de la croissance de la productivité est une mesure de court terme. Pour le long terme, il faudrait endogénéiser la technologie et les préférences. Une façon alternative de capter le gain de productivité provenant d'une plus grande compatibilité entre technologie, ressources et préférences serait, par exemple, de laisser le programme linéaire choisir la structure de

préférence prévalant à l'une des deux périodes examinées et d'isoler ainsi l'effet de contraintes plus ou moins congruentes.

References

- [1] Bureau de la Statistique du Québec (1978 et 1985) *La situation économique du Québec* (Québec: Statistiques économiques).
- [2] Bureau de la Statistique du Québec (1986) *Le tableau d'entrées-sorties du Québec pour 1978, le modèle intersectoriel et ses applications* (Québec: Statistiques économiques).
- [3] Carter, A. P. (1989) *Structural Change in the American Economy* (Cambridge: MIT Press).
- [4] Denny, M., J. Bernstein, M. Fuss, and L. Waverman (1991) 'Change in manufacturing productivity and competitiveness in Canadian and American regions, 1975-85', Institute for Policy Analysis working paper no. 9126, University of Toronto.
- [5] Diewert, W.E. (1981) 'The theory of total factor productivity measurement in regulated industries', in Cowing and Stevenson (eds.), *Productivity Measurement in Regulated Industries* (New York: Academic Press).
- [6] Diewert, W.E. and C.J. Morrison (1986) 'Adjusting output and productivity indexes for changes in the terms of trade', *Economic Journal*, 96, 659-79.
- [7] Diewert, W.E. (1992) 'The measurement of productivity', *Bulletin of Economic Research*, 44(3), 163-98.
- [8] Domar, E. (1961) 'On the measurement of technical change', *Economic Journal*, 70, 710-729.
- [9] Gollop, F.M. and D.W. Jorgenson (1980) 'U.S. productivity growth by industry, 1947-73', in J.W. Kendrick and B.N. Vaccara (eds.), *New Developments in Productivity Measurements and Analysis* (Chicago: University of Chicago Press).
- [10] Hulten, C.R. (1978) 'Growth accounting with intermediate inputs', *Review of Economic Studies*, 45, 511-518.

- [11] Nishimizu, M. and J.M. Page (1982) ‘Total factor productivity growth, technological progress and technical efficiency change: Dimensions of productivity change in Yugoslavia, 1965-78’, *Economic Journal*, 92, 920-936.
- [12] Ouellette, P. et P. Lasserre (1985) ‘Mesure de la productivité: la méthode de Divisia’, *L’Actualité Economique*, 61(4), 507-526.
- [13] Seiford, L. M. and R. M. Thrall (1990) ‘Recent developments in DEA. The mathematical programming approach to frontier analysis’, *Journal of Econometrics*, 46, 7-38.
- [14] Sickles, R., D. Good et R. Johnson (1986) ‘Allocative distortions and the regulatory transition of the U.S. airline industry’, *Journal of Econometrics*, 33, 1/2, 143-163.
- [15] Statistique Canada (1992) *Le tableau d’entrées-sorties du Québec pour 1984*. Non publié.
- [16] Statistique Canada (1987) *La structure par entrées-sorties de l’économie canadienne en prix courants et constants, 1961-1981*, catalogues 15-510 et 15-511, hors série.
- [17] Statistique Canada (1988) *La structure par entrées-sorties de l’économie canadienne en prix courants et constants, 1981-1984*, catalogue 15-201 et 15-502.
- [18] Statistique Canada (1984) *Industries manufacturières du Canada: niveau national et provincial, 1978-80*, catalogue 31-203.
- [19] Statistique Canada (1978, 1984) *Emploi, gains et durée de travail*, catalogue 72-002.
- [20] Statistique Canada (1979, 1985) *Comptes nationaux des revenus et dépenses*, catalogue 13-001.
- [21] Statistique Canada (1987) *Flux et stocks de capital fixe*, catalogue 13-211.
- [22] Statistique Canada (1989) *Mesures globales de la productivité*, catalogue 15-204.

- [23] ten Raa, T. (1995) *Linear Analysis of Competitive Economies*. LSE Handbooks in Economics. Harvester Wheatsheaf/Prentice Hall, Hemel Hempstead.
- [24] Wolff, E.N. (1985) 'Industrial composition, interindustry effects, and the U.S. productivity slowdown', *Review of Economics and Statistics*, 67, 268-77.

Tableau 1

Niveaux d'activité optimaux et prix fictifs

		niveau d'activité		prix de k ^a		niveau d'activité		prix de k ^a
Secteur		1978			1984			
1	Agriculture et pêche	0,76		0,00		0,00		0,00
2	Forêt	1,08		1,58		1,08		0,71
3	Mines	1,32		0,45		1,48		0,08
4	Aliments et boissons	1,13		1,93		1,34		1,51
5	Tabac	1,14		3,24		1,38		3,20
6	Caoutchouc et plastique	1,09		1,65		1,11		0,50
7	Cuir	1,14		2,72		0,00		0,00
8	Textile	1,08		1,09		1,18		0,53
9	Vêtement	1,10		4,58		1,08		0,11
10	Bois	1,02		1,41		1,22		0,82
11	Meuble	1,37		1,89		1,31		0,35
12	Papier	1,08		0,81		1,08		0,55
13	Imprimerie et édition	1,06		3,77		1,08		2,84
14	Métaux primaires	1,18		1,08		1,32		0,71
15	Produits métalliques	1,19		1,97		1,68		1,07
16	Machinerie	1,16		3,70		1,42		0,86
17	Matériel de transport	1,19		2,71		1,36		2,64
18	Appareils électriques	1,34		3,10		1,49		2,98
19	Prod. minéraux non-métal	1,22		1,15		1,64		1,09
20	Prod. pétrole et charbon	1,23		0,55		1,64		6,65
21	Produits chimiques	1,09		1,03		1,18		1,13
22	Ind. manif. diverses	1,06		3,29		1,24		0,03
23	Construction	1,12		0,00		1,20		0,00
24	Transport et communic.	1,14		0,31		1,22		0,26
25	Serv. d'utilité publique	1,07		0,13		1,20		0,28
26	Commerce gros et détail	1,14		1,29		1,05		0,00
27	Finance, assur., immob.	1,14		0,66		1,22		3,59
28	Serv. pers., aff. et comm.	1,13		0,00		1,21		0,00
demande finale domestique		1,13				1,20		
prix fictif: ouvriers (\$ courants/heure)				6,14				13,39
prix fictif: employés (\$ courants/heure)				6,14				13,39
prix fictif: balance commerciale (\$ courants/\$ courants)				1,26				1,08
a: prix fictif du capital (\$ courants/\$ de 1971)								

Tableau 2

Croissance annuelle de la productivité totale des facteurs
Québec, 1978-84 (en pourcentage)

	Secteur	notre mesure		mesure traditionnelle	
		pondération	taux de croissance annuelle	pondération	taux de croissance annuelle
1.	Agriculture et pêche	1,25	0,83	4,56	1,40
2.	Forêt	1,41	1,29	1,47	3,70
3.	Mines	3,78	-9,23	3,02	-9,20
4.	Aliments et boissons	14,67	-0,36	13,21	-0,35
5.	Tabac	1,16	-2,91	1,03	-2,84
6.	Caoutchouc et plastique	1,62	-2,61	1,66	-2,22
7.	Cuir	0,30	-0,48	0,68	0,73
8.	Textile	3,71	-0,51	3,68	-0,12
9.	Vêtement	4,79	-0,50	4,95	-0,16
10.	Bois	3,24	2,92	3,22	2,62
11.	Meuble	1,53	-1,39	1,30	-1,23
12.	Papier	7,58	-2,13	7,91	-2,71
13.	Imprimerie et édition	3,04	-3,01	3,21	-3,45
14.	Métaux primaires	8,45	-0,78	7,55	-1,10
15.	Produits métalliques	5,51	-0,31	4,23	1,02
16.	Machinerie	1,88	-1,82	1,62	-3,83
17.	Matériel de transport	6,52	-1,26	5,70	-1,25
18.	Appareils électriques	4,95	0,95	3,90	0,41
19.	Prod. minéraux non-métal.	2,29	-0,40	1,76	0,64
20.	Prod. pétrole et charbon	11,61	-8,34	8,71	-9,52
21.	Produits chimiques	5,06	-0,63	5,02	-0,75
22.	Ind. manif. diverses	1,44	-1,97	1,40	-2,94
23.	Construction	16,87	-3,87	18,74	-1,05
24.	Transport et communic.	14,46	2,68	13,72	1,28
25.	Serv. d'utilité publique	5,00	4,22	4,93	3,63
26.	Commerce gros et détail	18,10	0,41	18,80	1,48
27.	Finance, assur., immob.	19,08	9,32	18,12	8,60
28.	Serv. pers., aff. et comm.	21,04	1,48	23,07	-0,11
	agrégé		1,10		1,05

Liste des publications au CIRANO *

Série Scientifique / *Scientific Series* (ISSN 1198-8177)

- 96s-11 Mesures de la croissance de la productivité dans un cadre d'équilibre général : L'Économie du Québec entre 1978 et 1984 / Pierre Mohnen, Thijs ten Raa et Gilles Bourque
- 96s-10 The Efficiency of Collective Bargaining in Public Schools / Daniel S. Hosken et David N. Margolis
- 96s-09 Constant Consumption and the Economic Depreciation of Natural Capital : The Non-Autonomous Case / John M. Hartwick et Ngo Van Long
- 96s-08 Upstream-Downstream Specialization by Integrated Firms in a Partially Integrated Industry / Gérard Gaudet, Ngo Van Long et Antoine Soubeyran
- 96s-07 Toward a Political Theory of Environmental Policy / Marcel Boyer et Jean-Jacques Laffont
- 96s-06 Work Sharing and Productivity : Evidence from a Natural Experiment / Paul Lanoie, François Raymond et Bruce Shearer
- 96s-05 Claims Reporting and Risk Bearing Moral Hazard in Workers' Compensation : The Canadian Context / Guylaine Baril et Paul Lanoie
- 96s-04 The Determinants of University Dropouts : A Sequential Decision Model with Selectivity Bias / Claude Montmarquette, Sophie Mahseredjian et Rachel Houle
- 96s-03 Solutions au stress financier : Un survol de la littérature / Jocelyn Martel
- 96s-02 The Politics and Regulation of Hydroelectricity : The Case of Quebec in the Thirties / Ruth Dupré, Michel Patry et Patrick Joly
- 96s-01 Cognition in Seemingly Riskless Choices and Judgments / Louis Lévy-Garboua et Claude Montmarquette
- 95s-51 Entry Blockading Locations / Marcel Boyer, Philippe Mahenc et Michel Moreaux
- 95s-50 Environmental Protection, Producer Insolvency and Lender Liability / Marcel Boyer et Jean-Jacques Laffont
- 95s-49 Stochastic Volatility / Eric Ghysels, Andrew Harvey et Eric Renault
- 95s-48 Is Workers' Compensation Disguised Unemployment Insurance? / Bernard Fortin, Paul Lanoie et Christine Laporte
- 95s-47 Asset and Commodity Prices with Multiattribute Durable Goods / Jérôme Detemple et Christos I. Giannikos
- 95s-46 Cohort Effects and Returns to Seniority in France / David N. Margolis
- 95s-45 Costs and Benefits of Preventing Workplace Accidents : Going from a Mechanical to a Manual Handling System / Paul Lanoie et Louis Trottier
- 95s-44 Estimating and Testing Exponential-Affine Term Structure Models by Kalman Filter / Jin-Chuan Duan et Jean-Guy Simonato
- 95s-43 Empirical Martingale Simulation for Asset Prices / Jin-Chuan Duan et Jean-Guy Simonato

* Vous pouvez consulter la liste complète des publications du CIRANO et les publications elles-mêmes sur notre site World Wide Web à l'adresse suivante :
<http://www.cirano.umontreal.ca/publication/page1.html>