

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

IMPACTS DES DÉPENSES EN RECHERCHE
ET DÉVELOPPEMENT SUR LA FONCTION DE
PRODUCTION ET L'EFFICIENCE DES
ENTREPRISES CANADIENNES ET AMÉRICAINES
DU SECTEUR MANUFACTURIER

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN ÉCONOMIQUE

PAR
MARIE-HÉLÈNE FOURNIER

NOVEMBRE 2007

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Il faut tout un village pour éduquer un enfant.

- *proverbe africain*

Je désire prendre ces quelques lignes afin de remercier les habitants de mon village.

Tout d'abord, je tiens à exprimer mes sincères remerciements à mon directeur de mémoire, Monsieur Pierre Ouellette. Son savoir, sa rigueur et sa sagesse m'ont aidé à franchir les barrières érigées par ma méconnaissance.

Ensuite, je dois une reconnaissance infinie à mes parents, Micheline et Benoît, pour m'avoir transmis la soif du savoir et la volonté d'aller toujours plus loin. Leurs encouragements soutenus m'ont aidée à atteindre mes objectifs.

Matthieu, ton support, tout au long de la dernière année, a été des plus précieux. Tu as toujours eu les bons mots dans les périodes de découragement.

Enfin, merci à tous les autres : amis, famille, collègues, pour vos conseils, vos encouragements et votre bonne oreille.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES	v
LISTE DES TABLEAUX	vi
RÉSUMÉ	vii
INTRODUCTION	1
Quelques statistiques	2
CHAPITRE 1	
LES PROGRAMMES D'INCITATIFS À LA RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT	5
1.1 Le programme fiscal d'encouragement de la recherche et développement au Canada.....	5
1.1.1 Crédits d'impôt fédéraux pour la recherche et développement	5
1.1.2 Crédits d'impôt provinciaux pour la R&D	7
1.2 Le programme fiscal d'encouragement de la RS & DE aux États-Unis	8
CHAPITRE 2	
LA REVUE DE LA LITTÉRATURE	9
CHAPITRE 3	
LE MODÈLE THÉORIQUE	12
3.1 Productivité et efficience	12
3.1.1 La notion de productivité.....	12
3.2 La frontière de production (CPP).....	13
3.2.1 Les changements technologiques	14
3.2.2 Les variations en efficacité.....	14
3.3 Les fonctions de distance (D_i)	15
3.4 La méthode DEA	16
3.4.1 La méthode DEA : deux orientations possibles.....	17
3.4.2 L'efficacité technique	20
3.4.3 L'efficacité allocative	22
3.4.4 Les inputs quasi-fixes et les prix implicites : introduction des dépenses à la recherche et développement dans le modèle	23
3.4.5 Les rendements d'échelle	24
3.5 La méthode paramétrique : le Tobit.....	24

CHAPITRE 4

LES SECTEURS MANUFACTURIERS AU CANADA ET AUX ÉTATS-UNIS	25
4.1 Définition des secteurs étudiés	25
4.1.1 Secteur des produits de métaux fabriqués (SCIAN 332).....	25
4.1.2 Secteur de la machinerie (SCIAN 333).....	25
4.1.3 Secteur des produits de plastique et de caoutchouc (SCIAN 326)	26
4.1.4 Secteur des produits chimiques (SCIAN 325).....	26
4.1.5 Secteur du matériel de transport (SCIAN 336).....	26
4.1.6 Secteur des métaux de première transformation (SCIAN 331)	26
4.2 La base de données	27
4.3 La structure du secteur manufacturier	27
4.4 Les intrants, les extrants et leurs prix	28
4.4.1 Les intrants	28
4.4.2 Les extrants.....	29
4.5 La comparabilité des indices de prix canadiens et américains.....	30
4.6 La variable de recherche et développement.....	30
4.6.1 Création d'un stock de recherche et développement	31
4.6.2 Le prix de la R&D.....	32
4.7 Les dépenses en capital.....	34
 CHAPITRE 5	
ANALYSES ET RÉSULTATS.....	36
5.1 Analyse de l'efficacité technique, allocative et totale.....	36
5.1.1 Efficacité technique	36
5.1.2 Efficacité allocative	38
5.1.3 Efficacité totale.....	39
5.2 Analyse des résultats de l'efficacité totale par secteur manufacturier et par région	40
5.3 Les rendements d'échelle	43
5.4 Les prix implicites du capital et de la recherche et développement.....	45
5.5 Les déterminants de l'efficience	47
 CONCLUSION	50
ANNEXE A	53
BIBLIOGRAPHIE.....	71

LISTE DES FIGURES

Figure 3.1 : Courbe des possibilités de production avec rendements d'échelle constants.....	13
Figure 3.2 : Déplacement de la courbe des possibilités de production lors d'un changement technologique.....	14
Figure 3.3 : Représentation de la fonction de distance, de θ et d'un point de production inefficace (x^0).....	16
Figure 3.4 : Représentation de la mesure de distance orientée output.....	18
Figure 3.5 : Représentation de la mesure de distance orientée input.....	19
Figure 3.6 : Représentation de l'efficacité technique calculée par le DEA.....	20
Figure 3.7 : Représentation de l'efficacité allocative.....	22

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 : Résumé des taux de crédits d’impôt à l’investissement (CII) et des remboursements de dépenses de recherche	6
Tableau 1.2 : Incitations fiscales provinciales pour la R&D	7
Tableau 5.1 : Statistiques descriptives de l’efficacité technique pour les secteurs manufacturiers étudiés	37
Tableau 5.2 : Statistiques descriptives de l’efficacité allocative pour les secteurs manufacturiers étudiés	38
Tableau 5.3 : Statistiques descriptives de l’efficacité totale pour les secteurs manufacturiers étudiés	39
Tableau 5.4 : Moyenne des efficacités totales, par région, pour la période 2000 à 2003	42
Tableau 5.5a : Résultats obtenus pour les rendements d’échelle par secteur (nombre de DMU)	44
Tableau 5.5b : Résultats obtenus pour les rendements d’échelle par secteur (pourcentage des DMU)	45
Tableau 5.6 : Les prix implicites du capital et de la recherche et développement.....	46
Tableau 5.7 : Coefficients obtenus avec la méthode Tobit	48

RÉSUMÉ

Dans notre société, la performance et l'efficacité sont des aspects importants. Les entreprises ont intérêt à accroître leur efficacité rapidement, si elles veulent suivre le rythme de croissance entraîné par l'ouverture des marchés. Un des moyens disponibles est de parfaire leurs procédés de fabrication et leurs connaissances avec la recherche et développement. Des milliards de dollars sont dépensés et subventionnés, à chaque année, à cette fin. Cependant, ce type de dépense a-t-il vraiment un impact important sur l'efficacité et la productivité des entreprises ? Cet impact varie-t-il d'un secteur d'activité à l'autre ?

Nous avons tenté de répondre à ces questions de plusieurs façons, selon différentes méthodes. Tout d'abord, en utilisant l'approche *DEA (Data Envelopment Analysis)*, nous avons observé la modélisation de la fonction de production de nos échantillons. L'inclusion de la variable de recherche et développement, dans notre modèle, a entraîné l'obtention d'une fonction de production incluant plus d'unités optimales et rehaussant l'efficacité de l'échantillon, en général. Le fait d'omettre cette variable sous-estimerait donc l'efficacité des entreprises. Par la suite, nous avons observé les rendements d'échelle obtenus avec et sans variable de recherche et développement. Encore ici, l'ajout de la R&D amenait un plus grand nombre d'entreprises vers les rendements d'échelle constants, entre autres mots, vers l'optimalité. Enfin, nous avons étudié le prix implicite de la recherche et développement. Cet indice nous permet de voir si les unités sont sous ou sur capitalisées. Un résultat intéressant est que, dans plusieurs cas, les unités sont sur capitalisées et auraient avantage à désinvestir en recherche et développement, afin d'améliorer leur efficacité.

Ensuite, nous avons utilisé la méthode *Tobit*, afin d'évaluer les déterminants de l'efficacité des unités étudiées. En effectuant diverses estimations, nous avons obtenu que la R&D avait un impact positif, bien que faible, sur l'efficacité totale.

Mots clés : recherche et développement, productivité, efficacité, data envelopment analysis, secteur manufacturier

INTRODUCTION

La mondialisation est un phénomène qui préoccupe de plus en plus de personnes. Plusieurs en ont peur, car ses impacts sont encore inconnus. Une chose dont nous sommes certains est que les inégalités sur la surface de la terre ont entraîné l'émergence de zones géographiques où la production est moins coûteuse. Comme les producteurs cherchent à minimiser leurs coûts, le déplacement de la production vers ces zones devient une solution intéressante.

L'avènement de la notion de mondialisation a eu, tout de même, un effet positif. Elle a contribué à amener les producteurs et les gouvernements à réfléchir sur l'efficacité de leurs moyens de production. La solution est simple : augmenter de la productivité pour rester compétitif sur le marché mondial. Il devient impératif, pour eux, de trouver des moyens de production plus efficaces, qui réduisent les coûts, afin de ne pas perdre leurs parts de marché au profit des marchés émergents.

Pour les gouvernements, la réflexion doit se porter sur les moyens à utiliser pour encourager et soutenir les producteurs dans leur quête de productivité, afin d'accroître, ou à tout le moins, maintenir la croissance et l'emploi sur leur territoire. Depuis les années 80, plusieurs mesures ont été prises, par les différents paliers de gouvernements du Canada, pour aider les entreprises à se développer. Le programme d'incitatifs en recherche et développement est le moyen le plus connu, tant au niveau fédéral que provincial. Aux États-Unis, les incitatifs à la recherche et développement ont été mis en place par le gouvernement Reagan, en 1981. Plusieurs formes de soutien fiscal ont été implantées par ces gouvernements : la déduction immédiate des dépenses en recherche, les crédits d'impôt fédéraux et provinciaux, le crédit d'impôt sur la recherche incrémentale, le remboursement partiel ou le report des crédits d'impôt inutilisés, les transferts de crédits d'impôt à des sociétés affiliées et encore bien d'autres.

Quelques statistiques ...

En 2003, au Canada¹, près de 23 992 millions de dollars ont été dépensés en activités de recherche et développement, soit 1,97 % du produit intérieur brut de la même période. De ce montant, 13 391 millions de dollars ont été dépensés dans les entreprises privées, les faisant ainsi le lieu principal des dépenses de recherche. Au Québec, en 2003, près de 4 115 millions de dollars ont été déboursés pour ces frais. Au Canada, l'industrie de fabrication de matériel de communication continue d'affecter la somme la plus importante à la recherche et au développement, représentant 12 % des dépenses de R&D totales. Elle est suivie de l'industrie de fabrication de produits pharmaceutiques et de médicaments, qui représente près de 9 %. La concentration des activités de recherche et développement est relativement élevée. En 2002, des 12 272 sociétés qui ont déclaré avoir exécuté de la R&D, 100 entreprises (soit 0,8 %) représentaient 56 % de la R&D totale exécutée. Il est intéressant de savoir que ce niveau de concentration est le moins élevé des 30 dernières années.

L'administration fédérale est le plus important secteur de financement pour les recherches. Pour la même année, le gouvernement fédéral a financé près de 19 % des dépenses de recherche et développement, alors que les gouvernements provinciaux n'en finançaient que 6 %. Les entreprises privées restent la source principale de financement des activités de recherche (49 %).

Sur le plan international, les dépenses en R&D des entreprises canadiennes représentent environ 1 % du PIB, le classant dans les pays avec un faible ratio dépenses/PIB. La Suède est le pays avec le plus fort ratio, soit 3 %. Il est suivi par le Japon (près de 2,5 %) et les États-Unis (1,8 %).

Aux États-Unis², en 2003, près 204 milliards de dollars ont été dépensés en recherche et développement dans les entreprises privées. De ce montant, 123,38 milliards

¹ Statistique Canada : www.statcan.ca.

² National Science Foundation : www.nsf.gov.

ont été investis en recherche dans le secteur manufacturier. Ces dépenses représentent près de 2,7 % du PIB total pour 2003. La Californie est l'état qui dépense le plus en recherche, avec 18 milliards en 2003. Elle est suivie de loin par le Maryland, 8 milliards et la Virginie, 6,36 milliards. Cependant, si nous observons le ratio dépenses en recherche et développement et nombre d'habitants, le District de Columbia affiche le plus haut ratio avec 5 261,05 \$ per capita.

Si nous regardons les statistiques par industrie, pour 2003, le secteur des véhicules motorisés et pièces est celui qui compile le plus de dépenses en recherche et développement, avec 16,9 % des dépenses industrielles. L'industrie pharmaceutique se situe au deuxième rang avec 15,9 %, suivi par l'industrie de production de logiciels avec 15,1 %.

En ce qui concerne les sources de financement, le gouvernement fédéral américain a financé 10 % de ces dépenses, ce qui est plutôt faible comparativement au gouvernement canadien. Le financement restant provient directement des entreprises privées.

Les impacts des incitatifs à la recherche et développement, plus perceptibles à long terme, sont mal évalués et peu connus du public. Nous sommes justifiés de nous questionner sur leurs raisons d'être en considérant que le Canada est un pays qui offre des incitatifs en matière de recherche et développement parmi les plus généreux, alors que nous observons qu'il est un des pays de l'OCDE avec le plus faible ratio R&D / PIB. Aux États-Unis, le programme de financement des dépenses en recherche et développement viendra à échéance à la fin de 2007 et le gouvernement américain n'a pas encore manifesté son intérêt de le renouveler. De plus, plusieurs recherches ont démontré que les entreprises sont incapables de profiter pleinement des incitations à la recherche et au développement (Dagenais, Mohnen et Therrien, 2004). Tout d'abord, en se référant à la notion de recherche comme bien public, les autres firmes peuvent utiliser les résultats de la recherche effectuée par d'autres entreprises et ainsi profiter des avantages qui en découlent sans y avoir participé. Aussi, dans les marchés hautement technologiques, où la concurrence est forte, les bienfaits que procurent les innovations technologiques ne sont que de courtes durées et sont rapidement traduites en baisses de prix pour le consommateur. Ces deux raisons sont

suffisantes pour amener les firmes à sous investir dans les programmes de recherche et développement.

À l'heure où le secteur manufacturier canadien est en état de crise ; les prix élevés de l'énergie, la valeur élevée du dollar et les déficits commerciaux croissants avec l'Asie font en sorte que plusieurs usines canadiennes doivent réduire leur production, faire des mises à pied ou tout simplement fermer leurs portes. Malgré une économie qui semble forte, la valeur des capitaux dans le secteur manufacturier canadien a diminué depuis 2000, parce que l'investissement des entreprises n'a même pas couvert la dépréciation. Il est logique de se demander si la recherche et développement peut être une solution à cette crise qui s'aggrave de jour en jour.

Le but de ce mémoire sera de cerner l'influence des dépenses en recherche et développement sur l'efficacité des entreprises canadiennes et américaines du secteur manufacturier. Tout d'abord, en tentant d'évaluer l'impact de l'ajout de la variable de recherche et développement sur la modélisation de la fonction de production. Ensuite, en estimant l'impact de la recherche et développement sur l'efficacité des entreprises. Nous sommes convaincus de l'importance de l'impact de ces dépenses sur la croissance de la productivité des entreprises privées. Une analyse sectorielle de la situation sera très utile pour examiner si ces dépenses sont plus efficaces dans certains secteurs, tout en mettant en lumière la performance du Canada. Toutes ces analyses seront réalisées avec l'aide du DEA et de la méthode économétrique *Tobit*. Nous expliquerons ces méthodes en détails dans les prochaines sections.

CHAPITRE 1

LES PROGRAMMES D'INCITATIFS À LA RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

1.1 Le programme fiscal d'encouragement de la recherche et développement au Canada

1.1.1 *Crédits d'impôt fédéraux pour la recherche et développement*

Afin d'encourager la participation du secteur privé dans la recherche scientifique et le développement expérimental (RS&DE), Revenu Canada a mis au point un programme qui fournit des crédits d'impôt à l'investissement (CII) aux entreprises canadiennes, qui effectuent de la recherche au Canada. Cet appui est prévu pour encourager les entreprises, en particulier les petites entreprises, à effectuer de la RS&DE dans le but de mettre au point des produits ou des procédés technologiques avancés. Les intéressés peuvent demander des crédits d'impôt à l'investissement pour la RS&DE concernant des dépenses comme les salaires, le matériel, les machines, l'équipement, certains frais généraux et les contrats de RS&DE.

Généralement, les sociétés privées sous contrôle canadien (SPCC), dont le revenu imposable est inférieur à 200 000 \$, peuvent recevoir un crédit d'impôt à l'investissement remboursable pouvant atteindre 35 % des dépenses de R&D admissibles. Une demande remboursable est soumise à une limite de dépenses de 2 millions de dollars. La plupart des autres sociétés, entreprises individuelles, partenariats et trusts canadiens peuvent recevoir un crédit d'impôt à l'investissement pouvant atteindre 20 % des dépenses de R&D admissibles. Le tableau qui suit expose les taux des crédits d'impôt qui s'appliquent aux dépenses de R&D admissibles.

Tableau 1.1 : Résumé des taux des crédits d'impôt à l'investissement (CII) et des remboursements de dépenses de recherche³

	Taux des CII	Remboursement possible	
		Dépenses courantes	Dépenses en capital
Grandes sociétés	20 %	Aucun	Aucun
Individus et sociétés non constituées en corporation	20 %	40 %	40 %
Sociétés privées sous contrôle canadien (SPCC) * :			
- Revenu imposable inférieur ou égal à 200 000 \$			
Dépenses pouvant atteindre 2 millions \$	35 %	100 %	40 %
Dépenses en sus	200 %	40 %	40 %
- Revenu imposable variant entre 200 000 \$ et 400 000 \$			
Dépenses inférieures à la limite **	35 %	100 %	40 %
Dépenses en sus	20 %	0	0
* Les limites varient si la société est affiliée à une autre et lorsque le capital imposable utilisé au Canada est de plus de 10 M \$.			
** La limite maximum des dépenses est de 2 M \$ par année. Cette limite diminuera de 10 \$ pour chaque dollar de revenu imposable de l'année précédente en sus de 200 000 \$.			

La définition que donne Revenu Canada aux activités de recherche admissibles est la suivante : « Étude ou recherche systématique réalisée dans un domaine scientifique ou technologique dans le cadre d'une expérience ou d'une analyse ».

Les projets admissibles aux crédits d'impôt à la RS&DE comprennent :

- **les activités de développement expérimental** qui visent la réalisation de progrès technologiques dans le but de mettre au point du matériel, des dispositifs, des produits ou des procédés nouveaux ou d'améliorer ceux qui existent;
- **la recherche appliquée** qui vise à faire avancer les connaissances scientifiques en ciblant une application pratique particulière;
- **la recherche fondamentale** qui vise à faire avancer les connaissances scientifiques sans cibler une application pratique particulière;

³ Source : Revenu Canada

- **les travaux auxiliaires** en génie, conception, recherche opérationnelle, analyse mathématique, programmation informatique, collecte de données, essais ou recherches psychologiques - lorsque ces travaux correspondent à la recherche fondamentale ou appliquée ou au développement expérimental admissible et l'appuient directement.

1.1.2 Crédits d'impôt provinciaux pour la R&D

Au Canada, sept provinces sur dix offrent des crédits d'impôt supplémentaires pour la R&D. Ces crédits, selon la province, varient sur le plan des taux, du caractère remboursable, des plafonds absolus et de la base de calcul. Ils sont toutefois, dans l'ensemble, superposés au programme fédéral. Les programmes de l'Ontario et du Québec sont considérés comme les plus généreux.

Tableau 1.2 : Incitations fiscales provinciales pour la R&D

Province	Crédit d'impôt provincial de base	Remboursable
Saskatchewan	Crédit de 15 %	Non
Manitoba	Crédit de 15 %	Non
Ontario	Super-déduction à la R& D (déduction supp. de 25 % à 52,5 %)	Non
	10 % CIIO (petites SPCC seulement)	Oui
Québec	20 % des dépenses salariales pour la RS & DE (40 % pour les petites entreprises applicables aux 2 premiers M \$ en salaires pour la RS & DE)	Oui
N-Brunswick	Crédit de 10 %	Non
N-Écosse	Crédit de 15 %	Oui
Terre-Neuve	Crédit de 15 %	Oui

1.2 Le programme fiscal d'encouragement de la RS & DE aux États-Unis

Le gouvernement américain offre un soutien plutôt faible aux entreprises poursuivant des activités de recherche et développement. Encore aucune confirmation n'a été reçue quant à la reconduction du programme fédéral de crédits d'impôt, qui tombera à échéance en décembre 2007. Le soutien du gouvernement américain pour les activités de recherche se situe à deux niveaux : la déduction immédiate des dépenses en RS & DE et le crédit d'impôt remboursable sur l'augmentation des dépenses de recherche. La déduction immédiate des dépenses de recherche permet aux entreprises de diminuer leurs profits de l'année courante. Aussi, elles peuvent décider de reporter ces dépenses à des années futures, en prévision de profits à venir. Le crédit d'impôt pour la RS & DE s'applique seulement sur l'augmentation du ratio des dépenses en recherche sur les ventes, par rapport aux années de base, selon les années 1984 à 1988 et permet un remboursement de 20 % de cette hausse de dépenses. Pour les entreprises ne se qualifiant pas à ces critères, le gouvernement offre un crédit d'impôt représentant 1,65 % à 2,75 % des dépenses de recherche effectuées en excès d'un montant représentant 1 % des ventes annuelles brutes. Les remboursements sont plutôt faibles par rapport à la complexité de la structure des incitatifs fiscaux américains, surtout si nous les comparons aux incitatifs canadiens. La faiblesse des incitatifs américains doit sûrement amener les entreprises à poursuivre leurs activités de recherche et développement dans d'autres pays plus généreux.

CHAPITRE 2

LA REVUE DE LA LITTÉRATURE

Les études sur la recherche et développement portent surtout sur l'impact des incitatifs et non sur les dépenses comme telles. Les études économiques sur les effets des subventions à la R&D au Canada ont surtout porté sur l'innovation des entreprises canadiennes. Elles tentaient de démontrer que ces subventions avaient permis de développer de nouveaux produits et de nouveaux marchés (Czarnitzki, Hanel et Rosa, 2005). Leurs recherches ont prouvé que les entreprises poursuivant des activités de recherche ont produit plus d'outputs innovateurs et ont percé davantage sur le marché international. Pour certaines, les parts de marché ont augmenté à moyen et long terme. Ils sont arrivés à ces résultats en effectuant des comparaisons entre un échantillon d'entreprises effectuant des activités de recherche et développement et un autre groupe n'ayant aucune activité de ce genre.

D'autres ont aussi cherché à prouver que ces subventions avaient un effet positif sur les montants investis en recherche par les entreprises privées. L'étude de Dagenais, Mohnen et Therrien (2004) tente de déterminer l'effet de différentes variables (subventions en R&D, coûts de la recherche, taille de la firme, les bénéfices) sur les dépenses en R&D. Elle avance qu'un dollar de soutien à la recherche et développement entraîne 0,98 \$ de dépenses additionnelles en recherche et développement. Cependant, ils mettent à jour une possible faille dans le programme d'incitatifs en relatant que plus de 80 % des fonds de soutien servent à financer de la R&D, qui se ferait de toute façon et s'apparente ainsi plus à un transfert qu'à une politique de subvention à la recherche. Mansfield et Switzer (1985), en effectuant une enquête auprès des entreprises, ont démontré que tout dollar de dépense fiscale à la recherche rapportait à peine 0,40 \$ de dépenses en R&D en plus. Une dernière étude de Bernstein (1986) rapporte qu'un dollar de revenu fiscal perdu engendre 0,80 \$ de nouvelle recherche, si l'output est maintenu constant et entre 1,05 \$ et 1,70 \$ si l'effet de

l'entraînement de l'output sur la R&D est pris en compte. L'auteur arrive à ces résultats en combinant les effets d'un changement dans les incitatifs fiscaux sur le coût d'usage de la R&D et l'effet de ce dernier sur la demande de R&D. Avec tous ces résultats divergents, il est clair que la méthode d'analyse choisie est primordiale pour la justesse des résultats obtenus.

Plusieurs recherches portent sur les déterminants des activités de recherche et développement. Howe et McFetridge se sont attardés à déterminer les principaux déterminants de la recherche et développement pour un échantillon de 81 entreprises canadiennes oeuvrant dans le secteur de l'énergie. À l'aide d'une régression linéaire, ils ont déterminé que les ventes, les liquidités et les subventions gouvernementales pour la R&D sont les facteurs les plus influents. L'impact de ces facteurs a varié selon la propriété de la firme (locale ou étrangère) et selon le type d'industries. Switzer (1984) a examiné un modèle économétrique plus complexe. Sa spécification s'est étendue à l'analyse de l'impact de plusieurs variables : les dépenses en capital des firmes, les paiements en dividendes, les incitatifs à la R&D reçus, la variation dans les ventes des firmes pour les dix dernières années et les dépenses en R&D de la période précédente. Il est certain que nous ne pourrions pas reproduire une telle analyse, dû à la disponibilité des données.

Sur le plan international, Perelman et Fecher (1989a et 1989b) ont effectué plusieurs études sur la relation entre la productivité et la recherche et développement. Dans une première étude, ils ont utilisé des méthodes économétriques pour quantifier l'impact des dépenses en recherche et développement sur les performances des entreprises de 14 secteurs manufacturiers belges. Leur conclusion finale est que les entreprises faisant de la R&D connaissent des gains en productivité supérieurs à 2 % par an. Leur deuxième étude porte sur les pays membres de l'Organisation de Coopération et de Développement économique (OCDE). À l'aide de l'indice de Törnquist, ils ont déterminé que les dépenses en recherche et développement ont un taux de rendement de près de 15 % sur le progrès technique, qui lui, influe directement sur la productivité.

Quelques recherches américaines, surtout menées par Griliches, ont porté sur l'analyse de la productivité, en relation avec la R&D. En supposant l'équivalence entre la croissance de la productivité et le progrès technique, il avance que les dépenses en recherche et développement ont un retour de 20 à 50 %. Ces résultats très optimistes sont probablement dus à l'hypothèse d'équivalence, qui semble trop restrictive. Aussi, Griliches et Lichtenberg mentionnent que le lien entre la recherche et développement et la productivité est fort au niveau des entreprises privées mais pratiquement nul au niveau du gouvernement fédéral américain.

Enfin, pour ce qui concerne les déflateurs de la recherche et développement, très peu d'auteurs s'y sont intéressés. Au Canada, Bernstein (1992) a présenté un indice pour le prix de la recherche et développement, qui a été repris et modifié par Rose et Mohnen (1996). Nous nous sommes particulièrement intéressés à cet indice, qui propose un déflateur de la recherche et développement qui repose sur la main d'œuvre en RS & DE et son prix, ainsi que sur l'indice de prix du produit intérieur brut. Leurs expériences ont démontré que l'indice développé semble être une alternative plus précise que l'utilisation du déflateur du PIB. D'ailleurs, une explication plus détaillée sera présentée dans la section couvrant la base de données, car cet indice a été retenu pour notre étude.

Malheureusement, aucune étude récente, à notre connaissance, ne s'est encore attardée à l'impact des dépenses de recherche sur l'efficacité des entreprises canadiennes. Ceci est d'autant plus important dans le contexte de mondialisation actuel, qui hausse le niveau de compétitivité sur la scène internationale. L'analyse que nous proposons est innovatrice, car elle utilise la méthode empirique du *Data Envelopment Analysis*, une première pour les analyses de l'impact de la recherche et développement au Canada.

CHAPITRE 3

LE MODÈLE THÉORIQUE

Cette section expliquera les différents principes théoriques utilisés pour mener notre étude. Pour déterminer l'impact des dépenses en recherche et développement sur la fonction de production des entreprises, nous utiliserons d'abord une méthode non paramétrique, nommée DEA (*Data Envelopment Analysis*). Le modèle retenu est celui présenté par Banker et Morey (1986), qui a l'avantage d'étudier les modèles à rendements d'échelle variables. Pour la seconde partie, nous étudierons les rendements d'échelle et les prix implicites, calculés par le DEA, pour analyser l'impact de l'addition de la variable de recherche et développement sur la situation des entreprises. Enfin, nous utiliserons la méthode *Tobit* pour évaluer l'impact réel des activités de recherche et développement sur l'efficacité totale calculée par le DEA.

3.1 Productivité et efficience

3.1.1 La notion de productivité

La productivité peut être définie comme le rapport entre une production et les ressources mises en oeuvre pour la produire. Plusieurs facteurs peuvent influencer la productivité : les changements technologiques, l'efficience dans l'utilisation des intrants, le niveau de capitalisation et les rendements d'échelle (Lovell, 2001). Pour notre étude, nous utilisons une mesure de l'efficacité, basée sur les fonctions de distance, qui propose une décomposition de la productivité en 3 facteurs : les changements technologiques, les variations en efficacité et les rendements d'échelle. Avant d'arriver à cela, il est important d'apporter quelques précisions théoriques au sujet de la production et des facteurs influençant la productivité.

3.2 La frontière de production (CPP)

Supposons B_t , une technologie efficace, au temps t , permettant de produire la quantité d'output y_t avec la quantité x_t d'inputs, selon une quantité donnée d'inputs quasi-fixes.

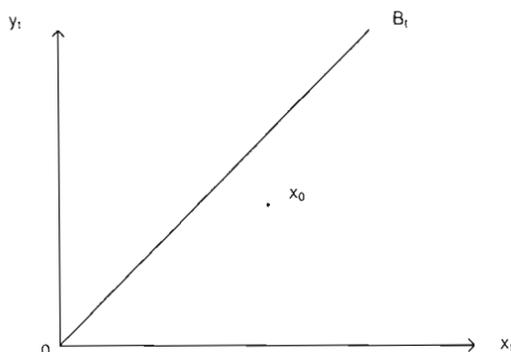


Figure 3.1 : Courbe des possibilités de production avec rendements d'échelle constants

Dans le cas à rendements constants et avec un output et un input, la figure 3.1 représente une frontière de production, réalisée avec la technologie B en t et tous les points se situant sous cette droite sont des productions sous-optimales (par exemple, x_0). Avec la méthode DEA, cette frontière est représentée par les entreprises les plus performantes. Avec les méthodes paramétriques, la frontière peut être qualifiée de théorique, dû à son lien direct avec le modèle et les hypothèses utilisées.

Dans le cas plus général à plusieurs inputs et outputs, la frontière de production est représentée par le problème de minimisation suivant :

$$\text{Min}_{\theta} \{ \theta : f(y, \theta x, k) = 0 \}$$

où θ est un scalaire ($\theta > 0$), y est le vecteur d'outputs, x est le vecteur d'inputs et k est le vecteur d'inputs quasi-fixes.

Une firme est efficiente si et seulement si $\theta = 1$. Elle se retrouve alors sur la frontière de production. Une firme est inefficente si et seulement si $\theta < 1$. Elle se situe alors hors de la frontière.

3.2.1 Les changements technologiques

Cette notion est souvent utilisée, à tort, comme synonyme à l'augmentation de la productivité. Un changement technologique n'implique pas toujours une augmentation de la productivité à court terme. Ce changement se reflète par le déplacement de la frontière de production vers le haut, dans le cas d'une amélioration de la technologie. Une nouvelle frontière de production est alors tracée et tout point situé au-dessous devient sous optimal.

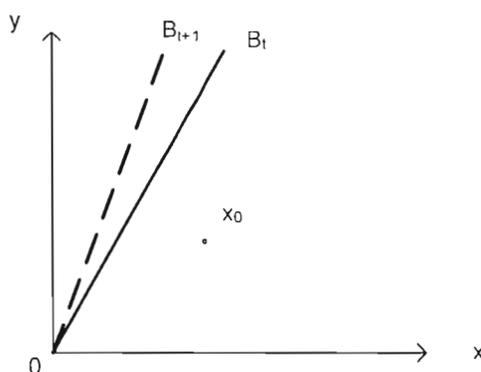


Figure 3.2 : Déplacement de la courbe des possibilités de production lors d'un changement technologique

3. 2.2 Les variations en efficacité

L'efficacité, pour une entreprise, est la capacité à ne pas sous utiliser ses ressources. Sur la frontière de production, une variation de l'efficacité de la production se traduit par un déplacement dans la zone de possibilités de production. Pour une entreprise inefficace, le point représentant sa combinaison input/output se déplacera vers la fonction de production

optimale. Cette notion renvoie donc à un rattrapage que l'entreprise opère, en comparaison avec les entreprises plus efficaces. Optimalement, l'entreprise devrait se retrouver sur la frontière de production.

3.3 Les fonctions de distance (D_t)

Supposons une isoquante H_t , qui représente les combinaisons d'inputs x_1 et x_2 nécessaires à la production d'un output y déterminé et le point x^0 , une combinaison quelconque d'intrants. Le point x^0 , situé sur H_t , est considéré comme une combinaison efficace d'intrants.

Nous pouvons établir un coefficient θ (voir le graphique ci-dessous) qui représente la valeur $\frac{Ox_1^*}{Ox_1^0}$. Le numérateur est la distance entre l'origine et le point x_1^* et le dénominateur est la distance entre l'origine et le point x_1^0 . $1/\theta$, ici nommée ϕ sera la mesure d'inefficacité d'utilisation des intrants pour une production fixe d'outputs avec la technologie B_t .

Nous pouvons alors définir la fonction de distance (ou la mesure d'inefficacité) comme suit :

$$D_t(x_t, y_t) = \sup(\phi : (x_t / \phi, y_t) \in S_t)$$

ou encore

$$D_t(x_t, y_t)^{-1} = \inf(\theta : (\theta x_t, y_t) \in S_t)$$

Le coefficient $\theta (= 1/\phi)$ est le pourcentage de chacun des inputs tout juste nécessaire pour que la firme soit capable de produire y_t avec la technologie disponible au temps t .

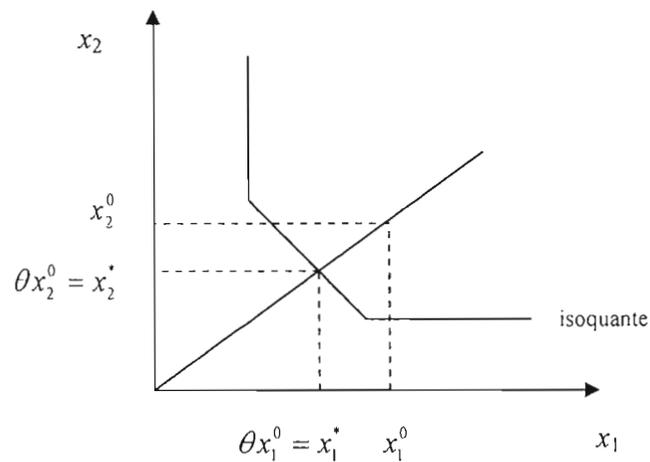


Figure 3.3 : Représentation de la fonction de distance, de thêta (θ) et d'un point de production inefficace (x^0)

Dans ce graphique, les variables étoilées sont les quantités optimales d'intrants avec lesquelles la firme aurait dû produire.

3.4 La méthode DEA

Le *Data Envelopment Analysis* émerge de la nécessité de méthodes d'analyse empirique moins fortes en hypothèses que l'économétrie. En effet, l'économétrie nécessite que les données soient de très grande qualité et les hypothèses reliées à son utilisation sont nombreuses : le choix de la forme fonctionnelle, le comportement des résidus, la courbure des fonctions. Ces hypothèses sont arbitraires et influencent directement les résultats. Tout en maintenant le besoin en qualité des données, le DEA ne nécessite que deux hypothèses : la libre disposition en intrant et en extrant et la convexité. La première hypothèse implique qu'il est possible de produire une quantité d'outputs avec une quantité efficace ou non d'inputs. Les combinaisons efficaces de production seront celles qui délimiteront la frontière des possibilités de production. Pour ce qui est de la deuxième hypothèse, elle entraîne que si deux combinaisons de production (x_1, y_1) et (x_2, y_2) existent, alors toutes

combinaisons convexes de x_1 et x_2 permettra de produire une combinaison convexe de y_1 et y_2 . Cette méthode pallieait donc les problèmes entraînés par les limites de l'économétrie.

Le DEA est surtout utilisé lors d'études comparatives d'efficacité de producteurs. En général, les méthodes statistiques s'appliquent à comparer chaque observation avec une observation moyenne découlant d'une tendance centrale. Le DEA se distingue des autres méthodes grâce à son approche qui compare chaque observation aux observations (optimales) du meilleur producteur. Le raisonnement se base sur le fait que si un producteur efficace utilise x inputs pour produire y outputs, alors tous les producteurs devraient pouvoir atteindre le même niveau de production. Sinon, ces producteurs peuvent être considérés comme inefficaces, n'employant pas la capacité maximale de leurs inputs. Cette méthode d'analyse empirique a plusieurs avantages. D'abord, elle permet l'étude de modèles à plusieurs inputs et/ou outputs et ce, même si ceux-ci ne sont pas tous calculés dans les mêmes unités de mesure i. e. comparaison de deux inputs; un en dollars et l'autre en heures de travail. Enfin, cet outil ne nécessite pas d'hypothèse sur les formes fonctionnelles reliant les intrants aux extrants et si nous ajoutons l'hypothèse de convexité des points, elle permet aussi l'étude de fonctions de production à différents rendements d'échelle. Pour les méthodes paramétriques, l'information s'applique à toutes les observations alors qu'avec le DEA, chaque résultat est optimisé individuellement pour chaque observation.

3.4.1 *La méthode DEA : deux orientations possibles*

Le modèle théorique que nous suivrons provient de Banker, Charnes et Cooper (1986). Les auteurs proposent une décomposition de l'efficacité en deux composantes : l'efficacité technique et l'efficacité allocative. Ces deux notions seront expliquées dans les prochaines sections. Ici, nous nous attarderons à démontrer que le calcul de l'efficacité peut se réaliser selon deux orientations : output et input. La première consiste en la mesure de distance sur l'axe vertical, entre la *DMU* (*Decision Making Units*), c'est-à-dire l'unité de décision de production de la firme et la frontière de production.

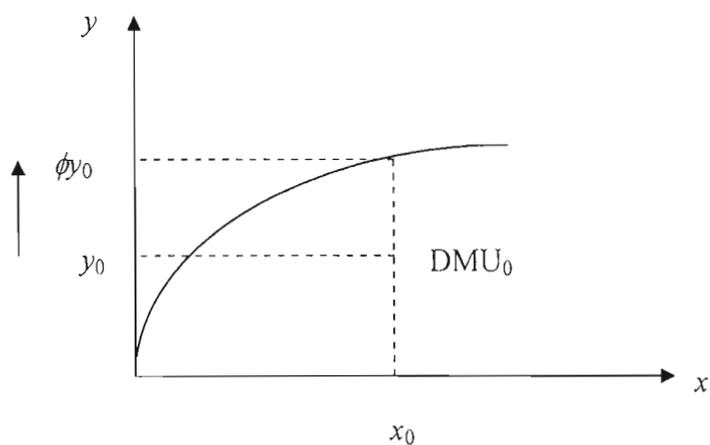


Figure 3.4 : Représentation de la mesure de distance orientée output

La méthode orientée output permet de déterminer combien d'outputs la firme efficace peut produire en plus avec le même nombre d'intrants.

Cependant, pour notre étude, nous utiliserons la méthode orientée input. De cette façon, l'efficacité de la DMU sera mesurée horizontalement. Nous saurons donc de combien la firme peut diminuer l'utilisation d'intrants pour garder son niveau de production constant.

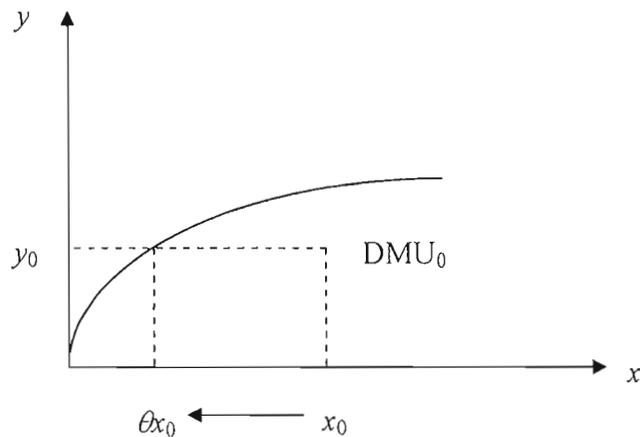


Figure 3.5 : Représentation de la mesure de distance orientée input

Le programme de DEA, pour l'unité de décision A , a la forme suivante :

$$\min_{\theta^A} \{ \theta^A : (\theta^A x^A, y^A) \in S \}.$$

Par la suite, nous distinguerons les inputs selon qu'ils sont directement sous le contrôle immédiat de la firme ou non. Nous appellerons inputs variables les inputs contrôlés par la firme et ils seront notés x , alors que les autres inputs hors du contrôle immédiat seront appelés inputs quasi-fixes et seront notés k . De plus, nous distinguerons parmi les inputs quasi-fixes le stock de recherche et développement (R&D) que nous noterons R . La fonction de distance s'écrira :

$$\min_{\theta^A} \{ \theta^A : (\theta^A x^A, k, R^A, y^A) \in S \} = \min_{\theta^A} \{ \theta^A : f(\theta^A x^A, k, R^A, y^A) \leq 0 \},$$

où f est la frontière de production

La distance est donc calculée dans la seule direction des inputs variables (Banker et Morey, 1986 sont à l'origine de cette façon de mesurer l'efficacité en présence d'inputs quasi-fixes).

3.4.2 L'efficacité technique

L'efficacité technique est l'une des deux composantes de l'efficacité que calcule le DEA. Elle représente les économies pouvant être réalisées par une réduction équivalente des inputs variables, que l'efficacité peut permettre de réaliser. Nous la définissons à l'aide du graphique suivant :

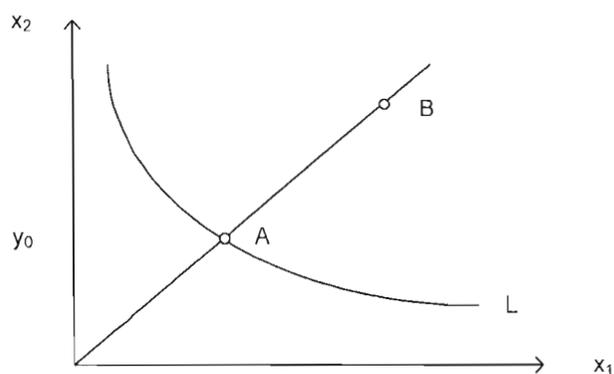


Figure 3.6 : Représentation de l'efficacité technique calculée par le DEA

Dans ce graphique, l'isoquante L représente toutes les combinaisons minimums possibles d'inputs x_1 et x_2 permettant de produire un niveau d'outputs y . Tous les points de production qui se retrouvent au-dessus de l'isoquante sont inefficaces. Alors, l'entreprise qui produit au point B est inefficace et aurait avantage à déplacer sa production, selon un mouvement radial partant de l'origine, au point A , sur l'isoquante. L'efficacité technique, soit la capacité à minimiser l'utilisation des inputs, est donc le ratio OA/OB . Il est à noter que l'efficacité technique se calcule en gardant le ratio des inputs constants.

Algébriquement, le calcul de l'efficacité technique peut se faire selon le schéma suivant (pour simplifier la présentation, nous assimilons k et R) :

$$\min_{\theta^A} \{ \theta^A : f(\theta^A x^A, k, R^A, y^A) \leq 0 \}$$

$$\cong \min_{\theta^A, \lambda_1^A, \dots, \lambda_{j^A}^A} \theta^A$$

S. c.

$$(1) \sum_i^D \lambda_i^A y_i \geq y_A \quad \text{libre-disposition des outputs}$$

$$(2) \sum_i^D \lambda_i^A x_i \leq \theta x_A \quad \text{libre-disposition des inputs}$$

$$(3) \sum_i^D \lambda_i^A k_i \leq \theta k_A \quad \text{libre-disposition des intrants quasi-fixes}$$

$$(4) \sum_i^D \lambda_i^A = 1 \quad \text{convexité de la fonction de production}$$

$$(5) \lambda_i^A, \theta_A \geq 0$$

Les contraintes servent à construire la frontière des possibilités de production. La fonction-objectif θ^A correspond à la distance de l'observation x_A par rapport à la FPP. Les contraintes 1 et 2 démontrent que le point efficace de x_A se situera sur une droite, qui est aussi une combinaison linéaire des autres points observés plus efficaces. La contrainte 1 implique que nous devons avoir un point sur lequel le niveau d'outputs est au moins aussi élevé que celui observé en x_A . La contrainte 2 avance que le niveau d'intrants optimal sera d'au plus la valeur observée en x_A . Le coefficient θ^A , plus petit ou égal à 1, est le facteur par lequel les intrants devront être multipliés pour que la DMU_A soit optimale. La contrainte 3 concerne les inputs quasi-fixes qui sont inajustables à court terme. Son traitement provient de Banker et Money (1986). La contrainte 4 assure la convexité de la FPP et elle permet l'étude de fonctions à rendements d'échelle variables. Si cette contrainte était absente, nous nous retrouverions avec une fonction de production linéaire, donc à rendements constants, ce

qui augmenterait l'ensemble des points inefficients. Ce problème permet de comparer la DMU A avec toutes les DMUs (ou combinaison de DMUs) qui produisent plus tout en utilisant moins de ressources, variables et quasi-fixes.

3.4.3 L'efficacité allocative

Cette notion réfère à la capacité de l'entreprise d'ajuster sa production, entre les différentes combinaisons d'inputs efficaces, de façon à minimiser son coût de production (ici, son coût variable de production).

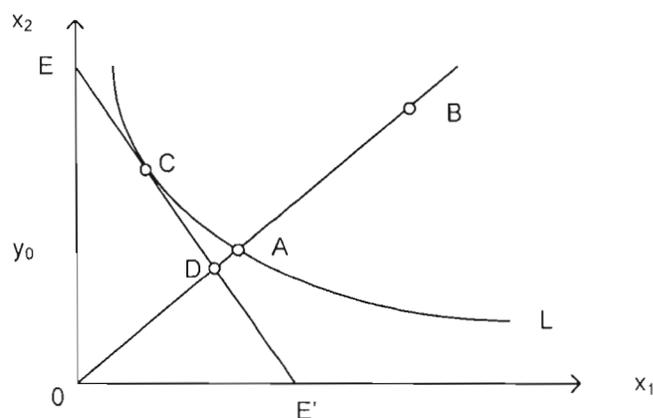


Figure 3.7 : Représentation de l'efficacité allocative

Le point C est le point qui minimise les coûts de la production selon l'isocoût des prix relatifs EE' . Comme ce point se retrouve aussi sur l'isoquante L , il a la même efficacité technique que le point A . Comme les coûts sont égaux tout au long de l'isocoût, il est logique d'affirmer que les coûts en C sont une fraction OA/OD des coûts de production en A . Cette mesure sera donc l'efficacité locale des points A et B . Le point B serait efficace de tous les points de vue s'il se situait en C . Ses coûts seraient inférieurs d'une fraction OD/OB . L'efficacité totale serait donc représentée par OD/OB , le produit de l'efficacité allocative et technique.

Le problème à résoudre est donc :

$$\min_{x^A} \sum_i w_i x_i^A \quad \text{S.c.} \quad f(x^A, k^A, y^A) \leq 0$$

$$\cong \min_{x^A, \lambda_1^A, \dots, \lambda_D^A} \sum_i w_i x_i^A$$

S. c.

$$(1) \sum_i^D \lambda_i^A y_i \geq y_A \quad \text{libre-disposition des outputs}$$

$$(2) \sum_i^D \lambda_i^A x_i \leq x_A \quad \text{libre-disposition des inputs}$$

$$(3) \sum_i^D \lambda_i^A k_i \leq k_A \quad \text{libre-disposition des intrants quasi-fixes}$$

$$(4) \sum_i^D \lambda_i^A = 1 \quad \text{convexité de la fonction de production}$$

$$(5) \sum_i^D \lambda_i^A x_i = x_A$$

$$(6) \lambda_i^A, \theta_A \geq 0$$

Les contraintes sont les mêmes que celles présentées dans la section de l'efficacité technique. Cependant, nous ajoutons la contrainte 5, qui force la solution à se trouver sur les frontières de production.

3.4.4 Les inputs quasi-fixes et les prix implicites : introduction des dépenses en recherche et développement dans le modèle.

Les inputs quasi-fixes sont des intrants que les entreprises ne peuvent pas faire varier à court terme, si les conditions d'optimalité varient et sans engager des coûts importants. La recherche et développement est un input quasi-fixe. Dans notre travail, nous la traiterons comme un stock et non comme un flux. La recherche et développement est un bassin de connaissances qui se développe et s'enrichi au cours des années. L'effort fourni à chaque

année sert de base pour l'année suivante et c'est pour cette raison que ce type de dépenses doit être capitalisé, même si, pour des raisons fiscales, les entreprises ont tendance à la traiter comme un flux. Le prix rattaché aux inputs quasi-fixes est nommé le prix implicite et il se calcule en divisant la contrainte de libre-disposition des inputs quasi-fixes par la contrainte liée aux inputs. Cette égalité est prouvée dans Vierstraete (2002). Le prix implicite sert à indiquer si l'entreprise est sous / sur capitalisée en terme de l'intrant quasi-fixe étudié. Dans notre cas, nous déterminerons si l'entreprise a avantage à effectuer plus / moins de dépenses en recherche et développement, en comparant son prix implicite et son prix sur le marché.

3.4.5 Les rendements d'échelle

L'analyse des rendements d'échelle nous permet de déterminer si l'échelle de production est optimale. Nous dirons que l'échelle de production est optimale si nous nous retrouvons en présence de rendements constants, c'est-à-dire si l'entreprise ne peut pas diminuer ses coûts moyens en diminuant ou augmentant la quantité de tous ses inputs.

3.5 La méthode paramétrique : le Tobit

L'utilisation de cette méthode nous permettra d'analyser les déterminants de l'efficacité. Les déterminants choisis sont : la recherche et développement, l'output, une variable de temps et une variable dichotomique de région. La méthode Tobit a été choisie, parmi toutes les autres méthodes paramétriques, car elle permet l'étude de modèle à intervalle fini. Dans notre cas, la variable étudiée est l'efficacité totale et la valeur de celle-ci se situe entre 0 et 1. De plus, elle permet d'étudier des variables qui atteignent la borne.

CHAPITRE 4
LES SECTEURS MANUFACTURIERS
AU CANADA ET AUX ÉTATS-UNIS

4.1 Définitions des secteurs étudiés

4.1.1 Secteur des produits de métaux fabriqués (SCIAN 332)

Ce sous-secteur comprend les établissements dont l'activité principale consiste à forger, estamper, former, tourner et assembler des éléments en métaux ferreux et non ferreux pour fabriquer, entre autres, coutellerie et outils à main, produits d'architecture et éléments de charpentes métalliques, chaudières, réservoirs, conteneurs d'expédition, quincaillerie, ressorts et produits en fil métallique, produits tournés, écrous, boulons et vis⁴.

4.1.2 Secteur de la machinerie (SCIAN 333)

Ce sous-secteur comprend les établissements dont l'activité principale consiste à fabriquer des machines industrielles et commerciales. Ces établissements assemblent des pièces pour former des éléments, des sous-ensembles et des machines complètes. Ils peuvent fabriquer eux-mêmes les pièces, au moyen de procédés généraux de transformation des métaux ou encore les acheter. Ils ont tendance à se spécialiser dans la production de machines conçues pour des applications particulières, ce qui se reflète dans la structure des groupes et des classes⁵.

⁴ Statistique Canada, Catalogue 12-501-XIF, Système de Classification des Industries de l'Amérique du Nord (SCIAN)

⁵ *Ibid.*

4.1.3 *Secteur des produits de plastique et de caoutchouc (SCIAN 326)*

Ce sous-secteur comprend les établissements dont l'activité principale est la fabrication de produits et de préparations chimiques à partir de matières premières organiques et inorganiques⁶.

4.1.4 *Secteur des produits chimiques (SCIAN 325)*

Ce sous-secteur comprend les établissements dont l'activité principale est la fabrication de produits et de préparations chimiques à partir de matières premières organiques et inorganiques⁷.

4.1.5 *Secteur du matériel de transport (SCIAN 336)*

Ce sous-secteur comprend les établissements dont l'activité principale est la fabrication de matériel servant à transporter gens et marchandises. Les groupes sont établis en fonction des divers moyens de transport : route, rail, air et eau. Trois groupes sont établis en fonction de l'équipement utilisé dans le transport routier : les véhicules complets, les carrosseries ainsi que les remorques et les pièces. Les établissements dont l'activité principale est la reconstruction de matériels et de pièces sont inclus dans la même classe que les établissements qui fabriquent de nouveaux produits⁸.

4.1.6 *Secteur des métaux de première transformation (SCIAN 331)*

Ce sous-secteur comprend les établissements dont l'activité principale consiste à fondre et affiner des métaux ferreux et non ferreux provenant d'un minerai, de fonte brute ou de ferraille dans des hauts fourneaux ou des fours électriques. Ils peuvent y ajouter des substances chimiques pour fabriquer des alliages de métaux. Le produit de la fonte et du raffinage est utilisé, habituellement sous forme de lingots, pour fabriquer, par laminage et

⁶ *Ibid.*

⁷ *Ibid.*

⁸ *Ibid.*

étirage, feuilles, rubans, barres, tiges et fils métalliques, ou sous forme liquide pour produire moules et autres produits métalliques de base⁹.

4.2 La base de données

La présente section présentera les données qui ont été utilisées pour notre analyse. Nos données couvrent les industries manufacturières mentionnées précédemment, pour le Canada et les États-Unis, de 1996 à 2003. Dû à la disponibilité restreinte des données, notre analyse canadienne inclut seulement les données pour le Québec, l'Ontario et le reste du Canada regroupé ensemble. Pour ce qui concerne les États-Unis, les territoires étudiés sont : Californie, Michigan, Massachusetts, New York, New Jersey, Texas, Pennsylvanie, Washington, Illinois, Ohio et les autres états regroupés ensemble. Ces régions n'ont pas été choisies au hasard; elles font parties des 10 états avec la plus forte intensité en recherche et développement. Elles sont aussi les seules à offrir des données de recherche et développement par secteur manufacturier.

4.3 La structure du secteur manufacturier

Les données sont classées selon le *Système de Classification des industries de l'Amérique du Nord* (ci-après SCIAN), qui existe depuis le début des années 90. Notre système de référence est la classification de 1997. Les différents secteurs étudiés ont été énumérés dans la section précédente. Il existe, au Canada et aux États-Unis, une enquête annuelle sur les manufactures, ci-après nommée EAM. La plupart de nos données ont été tirées de ces deux sondages.

Deux changements méthodologiques importants ont été apportés à l'Enquête annuelle des manufactures (EAM), du Canada, pour 2000. Le premier changement est l'utilisation du Registre des entreprises de Statistique Canada afin d'identifier l'échantillon des entreprises pour l'enquête. Ce registre, qui est une liste centrale de toutes les entreprises

⁹ *Ibid.*

en opération au Canada, a identifié environ 25 000 entreprises incorporées, qui étaient absentes de l'échantillon couvert par l'EAM avant 2000. L'ajout des unités manquantes dans l'EAM a eu un impact significatif sur le nombre d'établissements. Cependant, la plupart de ces établissements étant relativement petits, leur impact sur les recettes et autres données financières a été assez modeste. Le deuxième changement méthodologique est l'exclusion des sièges sociaux. Depuis 2000, les données sur les sièges sociaux des entreprises manufacturières ne sont plus incluses dans l'EAM, ce qui a également affecté les recettes et autres données financières. Afin de contourner le problème occasionné par les modifications de Statistiques Canada, nous avons mis de côté la période 1996-1999, pour le Canada.

4.4 Les intrants, les extrants et leurs prix

Les données pour les intrants et les extrants ont été ramenées à des données par établissement, dû à la grande différence entre le nombre d'établissements aux États-Unis et au Canada. Les données sur le nombre d'établissements ont été tirées des enquêtes annuelles sur les manufactures. Pour le Canada, elles ont été prises du site de Statistique Canada, tableau 301-0003 et pour les États-Unis, elles ont été fournies par les publications du *U. S. Census Bureau*. Les montants ont aussi été ramenés en dollars constants, de 1997, en utilisant l'indice implicite des prix du produit intérieur brut, au prix du marché, tiré de Statistique Canada, tableau 384-0036.

4.4.1 Les intrants

Deux inputs font partie de notre analyse : le travail et les dépenses en matériaux et fournitures. Pour ce qui concerne le travail, les enquêtes nous offraient les données, par secteur et territoire, pour le nombre total d'employés, le nombre total d'employés de la production, les salaires versés et les heures travaillées par les employés de la production. Afin de déterminer le taux de salaire, nous avons eu besoin du nombre d'heures travaillées par tous les employés.

Nous l'avons construit de la manière suivante, en supposant que le nombre d'heures par employé de la production est le même que le nombre d'heures par employé non productif :

$$h_{n-p} = h_p = \frac{H_p}{E_p}$$

$$H_{n-p} = h_{n-p} \times (E - E_p)$$

$$H = H_{n-p} + H_p$$

où h est le nombre d'heures par employé, H est le nombre total d'heures pour tous les employés et E est le nombre d'employés. L'indice p indique une variable se rapportant aux employés de la production et $n-p$ se rapporte aux employés non productifs.

En ayant le nombre total d'heures du secteur, nous pouvons donc diviser les salaires versés par ce chiffre, pour obtenir un taux de salaire moyen par secteur et par territoire.

Les données sur les dépenses en marchandises et fournitures sont incluses dans l'EAM au Canada et dans *l'Annual Survey of Manufactures* du U. S. Census Bureau, aux États-Unis. L'indice de prix utilisé, afin de déterminer les quantités agrégées de matières et fournitures, a été l'indice implicite des prix du produit intérieur brut, au prix du marché. Les quantités sont obtenues en divisant les dépenses totales par l'indice de prix.

4.4.2 Les extrants

Pour le secteur de la fabrication, les données d'outputs proviennent aussi des enquêtes annuelles sur les manufactures. Nous utiliserons les ventes de biens manufacturés et autres revenus dans la construction des données d'extrants. Ces données seront ramenées en dollars constants, par établissement. L'indice de prix utilisé, afin de déterminer les quantités d'output, est l'indice des prix de l'industrie, qui se retrouve dans le tableau

329-0038, dans CANSIM. Pour les États-Unis, les données ont été téléchargées sur le site Internet du *US Bureau of Labor Statistics*.

4.5 La comparabilité des indices de prix canadiens et américains

La comparaison entre des données de devises différentes est un problème que nous avons réglé en nous basant sur un argument de commerce international, qui implique qu'un même item acheté, au Canada et aux États-Unis, doit être payé le même prix, lorsque l'on convertit les devises. Alors, nous avons donc construit les indices de prix américains en multipliant ceux-ci par le taux de change¹⁰ en vigueur avec le dollar canadien. Nous avons donc obtenu l'indice de prix en dollars canadiens. Ensuite, nous avons supposé que les ratios des indices de prix canadiens et américains restent stables au courant des années. Nous avons donc appliqué la formule suivante :

$$I_{USA} = \frac{I_{USA} \$CA \times I_{CAmoy} \$CA}{I_{USAmoy} \$CA}$$

Avec cette équation, nous avons obtenu les indices de prix comparables, pour les États-Unis, avec lesquels nous calculerons nos dépenses en valeurs constantes.

4.6 La variable de recherche et développement

Les données sur la recherche et développement proviennent des catalogues de *Statistique Canada* et de la *National Science Foundation*. Les dépenses industrielles en recherche et développement, pour le Canada, sont extraites des catalogues 88202XIF, « *Recherche et Développement industriels : Perspective* », disponible sur le site de Statistique Canada, pour les années 1995 à 2003. Pour les États-Unis, *National Science*

¹⁰ Les données ont été tirées du site Internet de l'Organisation du Commerce et du Développement Économique (O. C. D. E.)

Foundation offre les publications *R&D in Industry*¹¹ pour les années étudiées. Les données sont exprimées en dollars courants. Elles seront ramenées à des valeurs constantes selon une méthode présentée plus bas.

4.6.1 *Création d'un stock de recherche et développement*

La première question que nous avons à nous poser, pour le traitement des dépenses en recherche et développement, était si nous devions la considérer comme flux ou comme stock. Selon un point de vue fiscal, nous aurions pu la déterminer comme un flux, car les entreprises peuvent la déduire complètement l'année où la dépense est engagée. Il s'agit d'une mesure fiscale avantageuse, car elle permet de réduire les profits de l'année en cours. Il est à noter que l'entreprise peut aussi la provisionner et la déduire dans une année suivante, en vue de profits à venir. Cependant, nous avons décidé de la traiter comme un stock, car il est plus logique de le faire ainsi. En effet, selon nous, la recherche de développement est une accumulation de connaissances qui prend de la valeur au fur et à mesure qu'elle croît. Les recherches effectuées lors des années précédentes sont aussi importantes et servent de base aux recherches des années suivantes.

Comme les données trouvées étaient des flux, nous avons dû les transformer en stock. Tout d'abord, nous avons déterminé que le taux de dépréciation de la recherche et développement était de 10 %, tel que la littérature l'énonce, en général¹². Ensuite, nous avons supposé que le taux de croissance de l'output suivait la moyenne de l'échantillon par territoire et par industrie. Pour le calcul de la première donnée de stock de R&D, en 1996, nous avons utilisé la formule suivante :

$$RD'_{stock} = \frac{DRD_t}{\delta + 1}$$

¹¹ Catalogues NSF 99-312, NSF 99-358, NSF 01-305, NSF 02-312, NSF 03-318, NSF 05-305, NSF 06-322, NSF 07-314.

¹² Dagenais, Marcel, Pierre Mohnen, Pierre Therrien. 2004. « Les firmes canadiennes répondent-elles aux incitations fiscales à la recherche-développement ? ». *L'Actualité Économique*. Vol. 80, nos 2-3, p. 175-205.

où DRD est la dépense du flux de R&D, au temps t , δ est le taux de dépréciation et l est le taux de croissance moyen de l'output. Cette formule découle de l'hypothèse que la croissance était stationnaire en 1996. Cette hypothèse est moins restrictive que celle qui suppose que l'équilibre (plutôt que la croissance) est stationnaire en 1996, hypothèse souvent retenue pour déterminer une valeur de départ d'un stock.

Pour les années suivantes, 1997 à 2003, nous avons utilisé la formule de l'inventaire perpétuel :

$$RD'_{stock} = (RD'_{stock} \times (1 - \delta)) + DRD'$$

4.6.2 Le prix de la R&D

Nous avons eu à réfléchir sur l'indice de prix qui convenait le mieux aux dépenses de recherche et développement. La plupart des auteurs étudiés utilisaient l'indice de prix du produit intérieur brut pour leurs recherches. Quelques autres ont tenté de développer un indice de prix propre à la recherche et développement.

L'article de Mansfield *et al.* (1983) montrait que l'utilisation du déflateur du PIB surestimait les dépenses de R&D, par rapport à celles obtenues suite à l'utilisation de l'indice spécifique à la R&D, qu'ils ont développé. Jankowski (1986) a construit des indices de prix pour douze industries. Dans ses conclusions, il avance que l'utilisation de l'indice implicite du PIB donne des approximations raisonnables pour l'évolution des dépenses de R&D pour l'ensemble de l'industrie mais pour la mesure des dépenses réelles de R&D pour chacune des industries, des indices plus spécifiques seraient mieux adaptés.

Au Canada, un indice de prix pour la R&D industrielle a été développé par Bernstein (1986 et 1992). Cet indice utilisait le coût des intrants et la part de chacun de ces intrants pour l'agrégation. La conclusion était encore à l'effet que l'utilisation de l'indice du PIB surestime la croissance des dépenses de R&D.

Rose et Mohnen ont développé un indice de prix, basé sur l'utilisation de l'indice du PIB et de données sur la main-d'œuvre de R&D, qui a été utilisé dans quelques travaux de recherche de Mohnen¹³. Leur indice en est un de coûts et il intègre la composante de prix du PIB ainsi qu'une composante de main d'œuvre, qui occupe une part importante des dépenses en R&D. Nous avons retenu cet indice pour mener à terme nos recherches.

La méthodologie de l'indice Rose-Mohnen est présentée dans Rose (1996). L'indice utilisé est du type Laspeyres enchaîné, pour que soient conservés les effets de substitution. En effet, les indices à pondération fixe ont pour désavantage de ne pas tenir compte des changements dans les parts respectives des catégories de dépenses de R&D et donc des effets de substitution entre les facteurs. L'enchaînement est fait sur la part de la période précédente. Les indices sont construits en base 1997=100. Les indices postérieurs à 1997 sont construits selon les formules suivantes:

$$I_t^{RD} = \left(\left(P_{t-1} \times \frac{W_t}{W_{t-1}} \right) + \left((1 - P_{t-1}) \times \frac{I_t^{PIB}}{I_{t-1}^{PIB}} \right) \right) \times I_{t-1}^{RD}$$

Les indices antérieurs à 1997 utilisent l'inverse de cette formule soit:

$$I_{t-1}^{RD} = \frac{I_t^{RD}}{\left(\left(P_{t-1} * \frac{W_t}{W_{t-1}} \right) + \left((1 - P_{t-1}) * \frac{I_t^{PIB}}{I_{t-1}^{PIB}} \right) \right)}$$

où I , P , W , I^{PIB} sont respectivement les indices, la part des salaires nominaux dans la R&D, les salaires nominaux et l'indice implicite des prix du PIB.

¹³ Ibid.

4.7 Les dépenses en capital

Pour le Canada, les dépenses et les quantités d'investissement, par région et par secteur manufacturier, nous ont été fournies par Michel Labonté, de Statistique Canada. Pour les États-Unis, ces données étaient disponibles sur le site Internet du *U. S. Census Bureau*, dans l'*Annual Survey of Manufactures*. Les données sur la durée de vie par secteur manufacturier, pour le Canada, nous ont été fournies par M. Labonté. Cependant, ces données ont été impossibles à avoir pour les États-Unis. Nous avons donc posé l'hypothèse que la durée de vie par secteur était la même pour les deux pays. Les données pour le taux d'intérêt ont été trouvées sur le site de CANSIM. Pour le Canada, les données du taux de base de prêts aux entreprises, ont été tirées du tableau 176-0043, série v122495. Pour les États-Unis, les données ont été prises dans le tableau 176-0044, série v122148.

Afin d'obtenir les dépenses, les prix et les quantités de capital, nous avons suivi la démarche suivante, avec l'aide des données énumérées ci-haut.

Tout d'abord, nous trouvons le prix nominal du capital.

$$Wk_t^n = ((1 + r_t) \times Wi_t) - ((1 - \delta) \times Wi_{t+1})$$

où Wk est le loyer du capital, r est le taux d'intérêt, Wi est le prix de l'investissement et δ est le taux de dépréciation. L'exposant n indique une valeur nominale.

Pour obtenir le Wk réel, nous divisons le Wk nominal par l'indice implicite des prix du PIB. Par la suite, nous obtenons la quantité de capital, pour la première année de l'échantillon, en effectuant :

$$K_t = \frac{I_t}{\delta}$$

où I est la quantité d'investissement en t .

Pour les années suivantes, nous appliquons la formule suivante :

$$K_t = (K_{t-1} \times (1 - \delta)) + I_{t-1}$$

Les données de dépenses nominales et réelles en capital sont obtenues en multipliant la dernière formule avec les prix correspondants (Wk^p ou Wk).

CHAPITRE 5

ANALYSES ET RÉSULTATS

Ce chapitre présentera les divers résultats obtenus suite aux estimations avec les méthodes DEA et Tobit. D'abord, nous énumérerons les résultats obtenus avec la méthode DEA; c'est-à-dire l'efficacité technique, allocative et totale, pour vérifier si l'ajout de la variable de recherche et développement entraîne une différence dans le calcul de la frontière de production. Ensuite, nous procéderons à la présentation des analyses liées aux rendements d'échelle et aux prix implicites des inputs quasi-fixes. Ces résultats seront présentés sous une forme comparative de deux scénarios : l'analyse incluant la variable de R&D et l'analyse lorsque la recherche et développement est exclue du modèle. Selon les résultats obtenus, la modélisation incluant la R&D tend à faire disparaître les inefficiences de façon marquée. Enfin, nous présenterons les résultats obtenus avec la dernière méthode, le Tobit. Celle-ci tente d'expliquer l'impact de la variable de recherche et développement sur l'efficacité totale calculée par le DEA.

5.1 Analyse de l'efficacité technique, allocative et totale

5.1.1 Efficacité technique

L'efficacité technique représente le ratio d'inputs qui doit être utilisée par la firme pour qu'elle se retrouve sur la frontière de production optimale. Si, par exemple, une entreprise a une efficacité technique de 90 %, elle pourrait produire le même niveau d'outputs avec 10 % moins d'inputs et ainsi, se retrouver sur la frontière de production. Cette section s'attardera à décrire les résultats obtenus pour l'efficacité technique pour chacun des secteurs manufacturiers retenus.

Tableau 5.1 : Statistiques descriptives de l'efficacité technique pour les secteurs manufacturiers étudiés

Efficacité technique	Produits chimiques		Produits de plastique et de caoutchouc		Métaux de première transformation		Produits de métaux fabriqués		Machinerie		Équipements de transport	
	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D
Moyenne	0,805	0,86	0,888	0,917	0,903	0,914	0,94	0,948	0,903	0,927	0,891	0,925
Nb. d'unités efficaces	13	28	13	22	17	21	17	24	14	24	12	27
Nb. d'unités inefficaces	76	61	75	66	65	61	74	67	77	67	64	49

Lorsque la R&D est omise, l'efficacité moyenne des secteurs étudiés, calculée en pondérant selon la taille de ceux-ci, en omettant la variable de recherche et développement, est de 88,8 %. Lorsque l'on inclut la variable de R&D, celle-ci grimpe à 91,5 %. Plusieurs secteurs présentent un score d'efficacité élevé de plus de 90 %.

On remarque que l'augmentation est d'autant plus importante que le secteur est inefficace. Par exemple, le secteur des produits chimiques est de loin le moins efficace sans R&D avec un score de 80,5 %. L'introduction de la R&D augmente le score d'efficacité de plus de 5 %. Par contre, les secteurs les plus efficaces, comme les produits de métaux fabriqués, voient leur score à peine bouger. Le nombre d'unités efficaces augmente dans tous les secteurs manufacturiers. Au total, 60 unités inefficaces lorsque la R&D est omise deviennent efficaces en présence de recherche et développement. Il est donc normal de penser que cette variable affecte grandement le calcul de la frontière de production.

Ce résultat découle de deux facteurs. Premièrement, il semble que nous soyons en présence d'un biais d'omission de variable. Le fait d'omettre la recherche et développement biaise négativement l'efficacité. Ce biais est nécessairement négatif puisque le programme d'optimisation linéaire contient une contrainte de plus en présence d'un input supplémentaire. Deuxièmement, il existe une possibilité que l'ajout d'une contrainte, qui a pour conséquence de réduire le degré de convergence de l'estimateur de DEA (Simar et Wilson, 2002), rende les firmes apparemment plus efficaces. Naturellement, aucune raison ne permet de justifier l'omission de variables et nous privilégierons l'interprétation liée au biais d'omission de variables.

5.1.2 Efficacité allocative

L'efficacité allocative représente le ratio entre le coût total minimum et le coût total obtenu par l'atteinte de l'efficacité technique. Plus l'efficacité allocative est élevée, plus l'unité utilise un ratio d'inputs qui se retrouve près de la minimisation des coûts.

Tableau 5.2 : Statistiques descriptives de l'efficacité allocative pour les secteurs manufacturiers étudiés

Efficacité allocative	Produits chimiques		Produits de plastique et de caoutchouc		Métaux de première transformation		Produits de métaux fabriqués		Machinerie		Équipements de transport	
	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D
Moyenne	0,938	0,95	0,811	0,901	0,941	0,944	0,985	0,986	0,946	0,972	0,973	0,978
Nb. d'unités efficaces	13	28	13	22	17	21	17	24	14	24	12	27
Nb. d'unités inefficaces	76	61	75	66	65	61	74	67	77	67	64	49

Nous remarquons que l'efficience allocative est plus élevée que l'efficience technique. Encore une fois, le biais d'omission est plus important pour les secteurs les moins efficaces. Le secteur des produits de plastique et de caoutchouc, le moins efficace, voit son score augmenter de près de 10 %. Par contre, pour tous les autres secteurs, les résultats varient très peu entre les scénarios avec et sans R&D. Il est cependant à noter que ce sont des secteurs avec une efficacité allocative élevée, au départ, sans la recherche et développement.

Il importe de noter qu'il y a peu d'inefficience allocative. Les firmes semblent bien réagir aux signaux de prix.

5.1.3 Efficacité totale

L'efficacité totale est le produit de l'efficacité technique et de l'efficacité allocative. Les statistiques concernant cette valeur sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau 5.3 : Statistiques descriptives de l'efficacité totale pour les secteurs manufacturiers étudiés

Efficacité totale	Produits chimiques		Produits de plastique et de caoutchouc		Métaux de première transformation		Produits de métaux fabriqués		Machinerie		Équipements de transport	
	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D
Moyenne	0,761	0,824	0,727	0,832	0,852	0,865	0,926	0,935	0,856	0,902	0,868	0,906
Nb. d'unités efficaces	13	28	13	22	17	21	17	24	14	24	12	27
Nb. d'unités inefficaces	76	61	75	66	65	61	74	67	77	67	64	49

Sans la R&D, l'efficacité totale moyenne se situe à 83,2 %. Pour le scénario avec recherche et développement, celle-ci croît à 87,7 %, une hausse de 4,5 %. Comme ce calcul est directement influencé par les résultats d'efficacité précédents, il est normal de constater que la variable de recherche et développement semble modifier la forme de la frontière de production. Une conclusion méthodologique émerge :

L'omission de la R&D a pour effet de déclarer inefficentes plus de DMUs et celles qui sont déclarées inefficentes le sont plus. Tout comme en économétrie, la méthode DEA exige que toutes les ressources de la firme soient prises en compte.

5.2 Analyse des résultats de l'efficacité totale par secteur manufacturier et par région

Cette section présentera les résultats obtenus pour l'efficacité totale, par secteur manufacturier, pour la période 2000 à 2003. Seule cette période est retenue puisque nous voulons mettre l'emphase sur les résultats touchant le territoire canadien. Les résultats obtenus pour l'efficacité technique et allocative sont écartés de cette section, car ils n'ajoutent rien aux conclusions. Cependant, ces tableaux sont présentés à l'annexe A. La seule chose importante à mentionner est que les résultats pour l'efficacité allocative sont toujours très élevés, ce qui suggère que les entreprises ont une bonne capacité d'adaptation aux signaux de prix de leurs inputs.

Le tableau 5.4 présente les résultats de l'efficacité totale, tel que mentionné ci-dessus. Quelques résultats sont intéressants. Tout d'abord, dans un objectif de comparaison Canada vs États-Unis, la situation sans R&D nous incite à conclure que le Canada est plus efficace que son voisin dans les secteurs des métaux de première transformation, de la machinerie et des équipements de transport. Lorsque nous ajoutons la variable de recherche et développement, non seulement le Canada conserve-t-il sa supériorité pour les secteurs mentionnés précédemment mais devient aussi le leader dans les secteurs des produits chimiques et des produits de plastique et de caoutchouc. Les États-Unis sont plus efficaces

seulement dans le secteur des produits de métaux fabriqués. L'inclusion de la variable de recherche et développement a donc un impact important, pour le Canada, dans la modélisation de la fonction de production.

Tableau 5.4 : Moyennes des efficacités totales, par région, pour la période 2000 à 2003

	Produits chimiques		Plastique et caoutchouc		Première transformation		Métaux fabriqués		Machinerie		Transport	
	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D
Californie	0,94	0,97	0,79	0,72	1,00	1,00	0,95	0,96	0,84	0,84	0,90	0,92
Michigan	0,62	0,62	0,76	0,76	0,83	0,86	0,88	0,92	0,86	0,91	0,94	0,94
Massachusetts	0,37	0,37	0,98	0,98	0,35	0,35	0,88	0,94	0,95	0,95	0,66	0,68
New York	0,92	0,92	0,66	0,63	0,97	0,99	0,90	0,92	0,91	0,93	0,88	0,88
New Jersey	0,80	0,80	0,49	0,53	0,90	0,95	0,96	0,95	0,91	0,92	0,97	0,97
Texas	0,79	0,90	0,86	0,97	0,82	0,83	0,96	1,00	0,79	0,84	0,92	0,99
Pennsylvanie	0,93	0,93	0,74	0,74	0,90	0,89	0,96	0,92	0,86	0,88	0,85	0,85
Washington	0,95	0,99	0,63	0,83	0,93	0,87	0,99	0,98	0,90	0,99		
Illinois	0,69	0,69	1,00	1,00	0,86	0,89	0,90	0,96	0,87	0,89	0,83	0,87
Ohio	0,67	0,92	0,81	0,88	0,84	0,89	0,89	0,95	0,75	0,90		
Reste des États-Unis	0,70	0,86	0,79	0,79	0,87	0,92	0,89	0,93	0,80	0,96	0,91	1,00
Moyenne	0,76	0,82	0,77	0,80	0,84	0,86	0,93	0,95	0,86	0,91	0,87	0,90
Québec	0,77	1,00	0,70	1,00	0,99	0,99	0,85	0,86	0,95	1,00	0,82	0,83
Ontario	0,67	1,00	0,47	0,95	0,85	0,86	0,84	0,85	0,94	0,98	0,85	0,95
Reste du Canada	0,80	0,80	0,78	0,82	0,88	0,88	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00
Moyenne	0,74	0,93	0,65	0,92	0,90	0,91	0,90	0,90	0,96	0,99	0,89	0,93

Si nous comparons le Québec, l'Ontario et le reste du Canada, pour le scénario sans variable de recherche et développement, le Québec occupe la première position seulement dans le secteur des métaux de première transformation. Il se retrouve en deuxième place dans 4 des 5 autres secteurs. Lorsque nous ajoutons la variable de R&D, le Québec se retrouve au-dessus des autres régions dans 5 des 6 secteurs. Il conserve son rang pour le secteur des métaux de première transformation et passe de la deuxième à la première position pour les secteurs des produits chimiques, des produits de plastique et de caoutchouc, des produits de métaux fabriqués et de la machinerie. La fonction de production des entreprises du Québec semble donc être très affectée par l'inclusion de la variable de recherche et développement. Trois conclusions émergent de l'analyse par secteur et par région :

- l'omission de la R&D affecte le jugement porté sur l'efficacité des secteurs;
- les secteurs canadiens dominent les secteurs américains;
- les secteurs québécois dominent les secteurs canadiens hors Québec.

5.3 Les rendements d'échelle

Cette partie des résultats tentera de démontrer que l'ajout de la recherche et développement amène les entreprises à se déplacer vers des rendements d'échelle constants. Il est important de se rappeler que la taille d'une firme produisant à rendements d'échelle constants est optimale en ce sens que ses coûts moyens sont minimisés.

Dans le tableau 5.5, nous pouvons constater que l'ajout de la variable de recherche et développement amène 15 unités décisionnelles en plus à se retrouver avec des rendements d'échelle constants. La prise en compte de la recherche et développement modifie donc le jugement sur leur efficacité définie en termes de rapprochement de la frontière de production mais aussi en termes de proximité de la taille optimale. Le secteur le plus affecté par l'ajout de la recherche et développement est celui des produits de métaux de première transformation. Curieusement, dans l'analyse précédente, la fonction de production de ce secteur n'était pas grandement affectée par l'ajout de la R&D dans le modèle.

**Tableau 5.5a : Résultats obtenus pour les rendements d'échelle par secteur
(nombre de DMU)**

	RE < 0,95		0,95 < RE > 1,05		RE > 1,05	
	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D
Produits chimiques						
États-Unis	4	0	2	1	71	76
Canada	0	0	0	0	12	12
Total	4	0	2	1	83	88
Produits de plastique et de caoutchouc						
États-Unis	31	25	4	7	42	45
Canada	5	5	0	0	7	7
Total	36	30	4	7	49	52
Produits de métaux de première transformation						
États-Unis	41	39	10	21	19	10
Canada	6	5	2	3	4	4
Total	47	44	12	24	23	14
Produits de métaux fabriqués						
États-Unis	16	18	21	23	42	38
Canada	8	3	2	4	2	5
Total	24	21	23	27	44	43
Machinerie						
États-Unis	3	17	1	4	75	58
Canada	1	7	0	0	11	5
Total	4	24	1	4	86	63
Équipement de transport						
États-Unis	33	35	10	7	21	22
Canada	4	6	4	1	4	5
Total	37	41	14	8	25	27
Grand total	152	160	56	71	310	287

Cependant (voir tableau 5.5b), alors que les secteurs canadiens (et québécois en particulier) sont plus efficaces que leurs confrères américains - au sens de la proximité de la frontière de production, ils ont moins tendance à être dans la zone des rendements d'échelle constants.

**Tableau 5.5b : Résultats obtenus pour les rendements d'échelle par secteur
(pourcentage des DMU)**

	Pourcentage des DMU dans la zone des rendements d'échelle constants	
	Sans R&D	Avec R&D
États-Unis	10,8%	14,1%
Canada	11,1%	11,1%
Total	10,8%	13,7%

L'introduction de la R&D dans la fonction de production indique que 14 % des DMUs américaines sont de taille optimale alors que seulement 11 % le sont du côté canadien. Cela peut s'expliquer par certaines barrières à l'entrée, malgré les ententes de libre marché, ou encore par la faible densité de population qui ne permet pas, en présence de coûts de transport, d'exploiter les opportunités technologiques permises par les rendements croissants même s'il n'y pas de barrières à l'entrée. Le marché canadien serait trop petit.

5.4 Les prix implicites du capital et de la recherche et développement

Les prix implicites obtenus avec la méthode DEA concernent uniquement les inputs quasi-fixes et se définissent comme étant le prix d'obtention d'une unité supplémentaire d'un input quasi-fixe choisi. Ils permettent de constater si un secteur est sur ou sous capitalisé. Si ce prix, noté z , est supérieur au prix de marché, l'unité décisionnelle aurait avantage à consommer plus afin d'augmenter son efficacité. Les deux inputs quasi-fixes étudiés sont le capital et le stock de recherche et développement.

En l'absence de prix de marché pour la R&D, notre capacité à porter un jugement sur la sous ou sur capitalisation est plutôt limitée. Nous pouvons cependant noter que lorsque le prix implicite est nul, il y a assurément sur capitalisation. Pour la variable du capital, dans le scénario sans R&D, 48 % de l'échantillon est assurément surcapitalisé (prix implicite nul, $z = 0$) et aurait avantage à désinvestir afin d'augmenter l'efficacité. Lorsque l'on ajoute la variable de recherche et développement dans le modèle, ce pourcentage augmente de 3 %. En ce qui concerne la variable de recherche et développement, 46,5 %

des unités sont surcapitalisées et auraient avantage à désinvestir en recherche et développement afin d'accroître leur efficacité. Si nous évaluons la situation pour le Canada seulement, le tiers de l'ensemble est surcapitalisé. Aux États-Unis, 49 % des unités décisionnelles sont surcapitalisés. Cette surcapitalisation peut nous inciter à conclure que les programmes d'incitation à la R&D sont trop généreux.

Tableau 5.6 : Les prix implicites du capital et de la recherche et développement

	Capital				R&D	
	Sans R&D		Avec R&D		Avec R&D	
	z = 0	z > 0	z = 0	z > 0	z = 0	z > 0
Produits chimiques						
États-Unis	54	23	48	29	36	41
Canada	11	1	9	3	1	11
Total	65	24	57	32	37	52
Produits de plastique et de caoutchouc						
États-Unis	42	35	44	33	36	41
Canada	1	11	0	12	3	9
Total	43	46	44	45	39	50
Produits de métaux de première transformation						
États-Unis	34	36	34	36	32	38
Canada	10	2	10	2	7	5
Total	44	38	44	38	39	43
Produits de métaux fabriqués						
États-Unis	27	52	33	46	44	35
Canada	0	12	4	8	3	9
Total	27	64	37	54	47	44
Machinerie						
États-Unis	16	63	37	42	48	31
Canada	3	9	8	4	5	7
Total	19	72	45	46	53	38
Équipement de transport						
États-Unis	43	21	31	33	21	43
Canada	8	4	7	5	5	7
Total	51	25	38	38	26	50
Grand total	249	269	265	253	241	277

5.5 Les déterminants de l'efficience

La dernière partie de notre étude consiste en l'analyse des déterminants de l'efficacité totale, selon les variables obtenues dans la partie DEA. Notre modèle est plutôt restreint et il aurait été intéressant d'ajouter d'autres variables. Malheureusement, la non-disponibilité de certaines variables nous a empêché d'effectuer une analyse plus étendue. Le taux de chômage par région et par secteur, le niveau de concurrence, les incitatifs gouvernementaux aux entreprises privées sont des variables, parmi beaucoup d'autres, qu'il aurait été intéressant d'ajouter au modèle. Plusieurs tests ont été effectués afin de trouver une équation où les variables seraient significatives. Finalement, nous avons retenus les trois équations offrant les meilleurs résultats :

$$ET = c + \alpha_1 RD + \alpha_2 Y + \alpha_3 Year + \alpha_4 USA + \sigma + \varepsilon \quad (1)$$

$$ET = c + \alpha_1 \ln(RD) + \alpha_2 \ln(Y) + \alpha_3 Year + \alpha_4 USA + \sigma + \varepsilon \quad (2)$$

$$ET = c + \alpha_1 \ln(RD) + \alpha_2 Year + \alpha_3 USA + \sigma + \varepsilon \quad (3)$$

ET est une variable dépendante définissant l'efficacité technique des unités décisionnelles et elle s'exprime en pourcentage. La variable c représente la constante. RD est le stock de R&D par établissement pour un secteur donné. Nous avons sélectionné cette variable, car nous voulons démontrer qu'elle a un impact positif sur l'efficacité technique de l'échantillon, notre hypothèse étant que plus une firme fait de la R&D, plus elle accroît la connaissance de sa propre technologie, ce qui devrait l'amener à être plus efficiente. Selon l'équation, la variable sera étudiée en log ou en niveau. Son impact sera défini en pourcentage, dans le cas de l'analyse logarithmique. Y est l'output par établissement. Nous nous attendons à ce que son impact soit plutôt ambigu et non significatif. Une taille moyenne plus grande peut être un signe de pouvoir de marché, auquel cas l'incitation à investir en R&D peut diminuer, parce que la concurrence est moins menaçante. Par ailleurs, cela peut aussi être un signe que la capacité de financement de la R&D est plus grande. $Year$ est une variable de tendance qui étudie l'influence du changement technologique. USA est la variable dichotomique qui évalue si le fait d'être américaine constitue un avantage ou

un désavantage. Enfin, pour toutes les équations étudiées et tous les secteurs, nous avons σ , le ratio de Mills qui, lorsque significatif, indique que la censure est un phénomène qui doit être pris en compte grâce à la méthode *Tobit*. Il s'est avéré significatif pour tous les secteurs, peu importe l'équation choisie.

Tableau 5.7 : Coefficients obtenus avec la méthode *Tobit*

Secteur	Constante	R&D	Y	Année	USA	σ
Produits chimiques	N/S	0,294	-0,157	N/S	0,074	N/A
	0,595	0,022	0,033	0,566	0,055	0,000
Produits de plastique et de caoutchouc	N/S	1,535	N/S	N/S	N/S	N/A
	0,276	0,059	0,216	0,296	0,060	0,000
Produits de métaux de première transformation ¹⁴	N/S	0,045	-0,184	N/S	N/S	N/A
	0,110	0,001	0,000	0,101	0,389	0,000
Produits de métaux fabriqués	12,867	19,943	N/S	-0,007	-0,080	N/A
	0,098	0,011	0,377	0,070	0,001	0,000
Machinerie	20,727	-1,226	N/S	-0,010	0,111	N/A
	0,013	0,026	0,508	0,010	0,000	0,000
Équipement de transport ¹⁵	N/S	0,040	0,051	N/S	N/S	N/A
	0,252	0,002	0,000	0,227	0,163	0,000
Tous les secteurs ¹⁶	N/S	0,010	N/A	N/S	0,044	N/A
	0,647	0,000	N/A	0,559	0,000	0,000

Dans ce tableau, les coefficients significatifs (au seuil de 10 %) sont présentés. Le nombre sous le coefficient est le seuil de significativité. La mention *N/S* signale la présence d'un coefficient non significatif. Quant à *N/A*, elle signifie un coefficient inexistant ou omis.

¹⁴ Estimation effectuée avec l'équation 2.

¹⁵ Estimation effectuée avec l'équation 2.

¹⁶ Estimation effectuée avec l'équation 3.

Les résultats présentés ci-dessus sont les meilleurs obtenus. Pour chacun des secteurs, la variable de recherche et développement est significative à au moins 5 %. Cependant, l'impact de celle-ci diffère grandement d'un secteur à l'autre. L'efficacité du secteur des produits de métaux fabriqués est la plus affectée par la recherche et développement. L'efficacité de ce secteur semble être déterminée à près de 20 % par la R&D. En ce qui concerne l'efficacité du secteur de produits de plastique et de caoutchouc, elle semble être déterminée seulement à 1,5 % par la variable de recherche et développement. Pour les autres secteurs, l'influence de la R&D est faible. Ces résultats sont à prendre à la légère en considérant la taille de notre base de données.

Pour la variable d'output, il est important de souligner qu'il peut y avoir un effet de corrélation entre cette variable et l'efficacité puisqu'il est logique de croire que plus une entreprise est efficace, plus elle produira. Cette variable est non significative dans plusieurs secteurs.

Ensuite, nous avons tenté de déterminer si le temps pouvait avoir un effet sur l'efficacité. Cette variable tente de capter un effet d'amélioration ou de détérioration générale pour les secteurs. Encore ici, l'impact de cette variable est très faible et non significatif dans beaucoup de secteurs. Cependant, il est à noter que lorsque cette variable est significative, la situation semble se détériorer tout au long de la période étudiée.

Enfin, nous avons essayé de voir si le fait d'être situé en sol américain offrait un avantage aux entreprises. Encore ici, la significativité de cette variable est remise en doute dans quelques secteurs. L'impact peut être positif ou négatif selon les secteurs mais nous sommes certains que finalement son influence est très faible.

CONCLUSION

Nous avons tenté de répondre à plusieurs questions concernant l'impact des dépenses de recherche sur l'efficacité des entreprises. L'introduction de la R&D modifie-t-elle notre jugement sur l'efficacité des secteurs manufacturiers ? Ces dépenses aident-elles à accroître l'efficacité de nos entreprises ?

Comme l'efficacité est une condition de la croissance économique, il est important de comprendre les mécanismes qui la gèrent. Dans le contexte actuel de mondialisation, il est primordial, pour le Canada, de trouver un moyen de rester compétitif sur le marché international et cela peut se traduire par une hausse globale de la productivité ou de l'efficacité des entreprises. Cette productivité peut être accrue si les entreprises développent des technologies innovatrices. Avec la capacité des pays pauvres à offrir de la main d'œuvre à faible coût, il est évident que le Canada devra chercher à développer les secteurs d'activités demandant une main d'œuvre très qualifiée, ce que les pays pauvres ne pourront concurrencer. Le programme de subventions en recherche et développement est un élément incontournable pour la formation de personnes hautement spécialisées. Le Canada, connu comme un pays de ressources naturelles, devra, de plus en plus, orienter son économie vers l'industrie tertiaire et le secteur des services, utilisant des qualifications plus grandes.

De ce fait, les secteurs de production ne répondent pas tous de la même façon aux incitations. L'étude sectorielle proposée dans ce travail a démontré que les secteurs d'activité ne répondent pas tous de la même façon aux dépenses en R&D. Ces résultats pourraient aider le gouvernement à ajuster ses stratégies de subventions, afin d'encourager les dépenses en R&D dans les secteurs où il est le plus profitable de le faire. D'ailleurs, le gouvernement Harper s'est donné comme stratégie de hisser le rang du Canada, dans le classement des pays effectuant des travaux de recherche et développement. Son objectif est d'amener le Canada au 5^e rang, alors que pour l'instant il se situe en 13^e position.

En conclusion, nous pouvons affirmer que notre étude a permis de constater que l'étude des fonctions de production des entreprises pouvait être biaisée si nous omettions la variable de recherche et développement. L'inclusion de cette variable rehausse le niveau d'efficacité atteint et le nombre d'unités optimales. Ensuite, nous avons constaté, avec l'analyse des rendements d'échelle, que la recherche et développement semblait déplacer l'échantillon vers des rendements d'échelle constants, signe d'optimalité. Enfin, une conclusion surprenante de notre mémoire est que les entreprises auraient avantage à désinvestir en recherche et développement. Nous avons trouvé que près de 50 % de notre échantillon était surcapitalisé en R&D et pourrait donc atteindre une efficacité accrue en désinvestissant davantage en recherche. Ce résultat serait donc un découragement à la politique d'investissement du gouvernement Harper.

Si nous résumons les résultats obtenus en comparant les territoires étudiés, nous obtenons que le Canada, selon l'étude de l'efficacité technique, est le plus performant dans 5 des 6 secteurs, dans le scénario avec recherche et développement. Lors du scénario sans la variable de recherche et développement, il était le leader dans seulement 3 secteurs. Ce résultat est étonnant, si nous comparons avec d'autres études précédemment réalisées et peut amener une nuance importante : pour des niveaux équivalents de R&D, les entreprises canadiennes sont généralement plus efficaces. Généralement, comme elles investissent beaucoup moins en cette matière, cela les rend globalement moins efficaces. Si nous nous en tenons aux conclusions importantes de notre travail, ce résultat démontre que la fonction de production canadienne semble être plus affectée par l'inclusion de la variable de recherche et développement que la fonction de production américaine. Pour l'analyse des rendements d'échelle, les entreprises américaines se situent plus près des rendements d'échelle constants que les entreprises canadiennes.

Enfin, si nous comparons les résultats québécois avec les résultats canadiens, nous trouvons que les entreprises québécoises sont les plus efficaces dans 5 des 6 secteurs manufacturiers étudiés, lors de l'analyse avec R&D. Elles étaient en tête de liste dans seulement 1 secteur lors l'étude sans R&D. Les fonctions de production des entreprises québécoises semblent plus sensibles à l'inclusion de la recherche et développement.

Nous sommes conscients que notre analyse est partielle et aurait avantage à être développée. D'ailleurs, il pourrait être intéressant d'utiliser l'indice de Malmquist afin d'isoler l'impact réel de la recherche et développement sur la productivité. Cet indice permet de calculer la variation d'efficacité due uniquement à la variable de recherche et développement, en faisant varier celle-ci et en maintenant les autres constantes. Nous avons tenté d'inclure cette méthode dans notre analyse, mais la faible taille de notre échantillon a constitué un empêchement incontournable.

Une troisième étape intéressante qui pourrait être effectuée est l'étude sur l'impact des subventions en recherche et développement sur les dépenses en recherche et développement, selon les divers secteurs de l'économie. Cette étude serait certainement utile pour le gouvernement afin de l'aider à cibler ses interventions. Malheureusement, il nous a été impossible d'effectuer cette analyse, car les données étaient non disponibles pour le public.

ANNEXE A

TABLEAUX DES EFFICACITÉS MOYENNES PAR RÉGION
ET PAR INDUSTRIE

Tableau A.1 : Efficacité technique moyenne, par région,
pour l'industrie des produits chimiques

	1996 à 1999		2000 à 2003	
	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D
Californie	0,904	0,937	0,960	0,967
Michigan	0,725	0,725	0,651	0,651
Massachusetts	0,500	0,500	0,531	0,531
New York	0,798	0,896	0,926	0,928
New Jersey	0,855	0,855	0,816	0,816
Texas	0,929	0,990	0,914	0,937
Pennsylvanie	0,917	0,918	0,974	0,974
Washington	1,000	1,000	0,959	0,995
Illinois	0,711	0,717	0,707	0,708
Ohio	0,727	0,851	0,736	0,971
Reste des États-Unis	0,787	0,932	0,758	0,890
Moyenne	0,805	0,847	0,812	0,852
Québec			0,775	0,997
Ontario			0,689	1,000
Reste du Canada			0,937	0,938
Moyenne			0,800	0,978

**Tableau A.2 : Efficacité allocative moyenne, par région,
pour l'industrie des produits chimiques**

	1996 à 1999		2000 à 2003	
	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D
Californie	0,992	0,998	0,976	0,997
Michigan	0,978	0,978	0,953	0,953
Massachusetts	0,770	0,770	0,725	0,725
New York	0,965	0,986	0,995	0,992
New Jersey	0,972	0,972	0,985	0,985
Texas	0,927	1,000	0,869	0,954
Pennsylvanie	0,969	0,969	0,954	0,954
Washington	1,000	1,000	0,986	0,998
Illinois	0,964	0,956	0,970	0,968
Ohio	0,927	0,862	0,905	0,947
Reste des États-Unis	0,945	0,995	0,923	0,973
Moyenne	0,946	0,953	0,931	0,950
Québec			0,994	1,000
Ontario			0,967	1,000
Reste du Canada			0,844	0,850
Moyenne			0,935	0,950

**Tableau A.3 : Efficacité totale moyenne, par région,
pour l'industrie des produits chimiques**

	1996 à 1999		2000 à 2003	
	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D
Californie	0,896	0,935	0,937	0,965
Michigan	0,709	0,709	0,621	0,621
Massachusetts	0,381	0,381	0,369	0,369
New York	0,769	0,883	0,922	0,922
New Jersey	0,833	0,833	0,804	0,804
Texas	0,865	0,990	0,792	0,897
Pennsylvanie	0,890	0,890	0,932	0,932
Washington	1,000	1,000	0,946	0,994
Illinois	0,686	0,686	0,685	0,685
Ohio	0,674	0,734	0,667	0,922
Reste des États-Unis	0,744	0,927	0,700	0,864
Moyenne	0,768	0,815	0,761	0,816
Québec			0,771	0,997
Ontario			0,666	1,000
Reste du Canada			0,795	0,802
Moyenne			0,744	0,933

**Tableau A.4 : Efficacité technique moyenne, par région,
pour l'industrie des produits de plastique et de caoutchouc**

	1996 à 1999		2000 à 2003	
	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D
Californie	0,994	0,994	0,917	0,917
Michigan	0,775	0,806	0,863	0,863
Massachusetts	0,989	0,989	0,981	0,986
New York	0,878	0,878	0,915	0,915
New Jersey	0,801	0,807	0,797	0,797
Texas	0,904	0,980	0,977	0,990
Pennsylvanie	0,865	0,866	0,908	0,908
Washington	0,953	0,977	0,930	0,944
Illinois	0,912	0,988		
Ohio	0,771	0,783	0,873	0,897
Reste des États-Unis	0,877	0,877	0,955 ¹⁷	0,955
Moyenne	0,883	0,904	0,912	0,917
Québec			0,831	1,000
Ontario			0,755	0,949
Reste du Canada			0,878	0,880
Moyenne			0,821	0,943

¹⁷ Incluant l'Illinois.

**Tableau A.5 : Efficacité allocative moyenne, par région,
pour l'industrie des produits de plastique et de caoutchouc**

	1996 à 1999		2000 à 2003	
	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D
Californie	0,982	0,991	0,774	0,781
Michigan	0,794	0,918	0,875	0,883
Massachusetts	1,000	1,000	0,997	0,997
New York	0,742	0,749	0,662	0,683
New Jersey	0,635	0,799	0,619	0,664
Texas	0,609	0,983	0,878	0,980
Pennsylvanie	0,713	0,809	0,812	0,812
Washington	0,796	0,976	0,649	0,879
Illinois	0,885	0,996		
Ohio	0,897	0,939	0,930	0,979
Reste des États-Unis	0,766	0,815	0,825	0,825
Moyenne	0,802	0,907	0,802	0,848
Québec			0,841	1,000
Ontario			0,617	0,999
Reste du Canada			0,888	0,932
Moyenne			0,782	0,977

**Tableau A.6 : Efficacité totale moyenne, par région,
pour l'industrie des produits de plastique et de caoutchouc**

	1996 à 1999		2000 à 2003	
	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D
Californie	0,976	0,985	0,791	0,716
Michigan	0,618	0,738	0,756	0,764
Massachusetts	0,988	0,988	0,979	0,983
New York	0,661	0,666	0,664	0,626
New Jersey	0,588	0,645	0,493	0,529
Texas	0,551	0,964	0,861	0,971
Pennsylvanie	0,621	0,700	0,740	0,740
Washington	0,762	0,954	0,631	0,830
Illinois	0,896	0,984	1,000	1,000
Ohio	0,611	0,735	0,811	0,878
Reste des États-Unis	0,672	0,715	0,788	0,788
Moyenne	0,722	0,825	0,774	0,802
Québec			0,700	0,999
Ontario			0,466	0,949
Reste du Canada			0,784	0,824
Moyenne			0,650	0,924

**Tableau A.7 : Efficacité technique moyenne, par région,
pour l'industrie des métaux de première transformation**

	1996 à 1999		2000 à 2003	
	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D
Californie			1,000	1,000
Michigan	0,901	0,929	0,834	0,887
Massachusetts	0,838	0,838	0,901	0,932
New York	0,955	0,955	0,982	0,992
New Jersey	0,797	0,799	0,905	0,956
Texas	0,983	0,983	0,881	0,881
Pennsylvanie	0,874	0,874	0,917	0,913
Washington	0,873	0,888	0,929	0,869
Illinois	0,805	0,828	0,874	0,898
Ohio	0,973	0,993	0,854	0,898
Reste des États-Unis			0,894	0,927
Moyenne	0,889	0,899	0,906	0,923
Québec			0,995	0,995
Ontario			0,854	0,875
Reste du Canada			0,890	0,890
Moyenne			0,913	0,920

**Tableau A.8 : Efficacité allocative moyenne, par région,
pour l'industrie des métaux de première transformation**

	1996 à 1999		2000 à 2003	
	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D
Californie			1,000	1,000
Michigan	0,977	0,972	0,991	0,971
Massachusetts	0,661	0,661	0,387	0,375
New York	0,973	0,973	0,985	0,995
New Jersey	0,993	0,992	0,996	0,996
Texas	0,986	0,987	0,925	0,938
Pennsylvanie	0,989	0,989	0,978	0,978
Washington	0,954	0,964	0,996	0,996
Illinois	0,978	0,987	0,987	0,994
Ohio	0,975	0,995	0,985	0,991
Reste des Etats-Unis			0,973	0,994
Moyenne	0,943	0,947	0,927	0,930
Québec			0,996	0,996
Ontario			0,992	0,988
Reste du Canada			0,983	0,983
Moyenne			0,990	0,989

**Tableau A.9 : Efficacité totale moyenne, par région,
pour l'industrie des métaux de première transformation**

	1996 à 1999		2000 à 2003	
	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D
Californie			1,000	1,000
Michigan	0,881	0,904	0,826	0,861
Massachusetts	0,580	0,580	0,347	0,348
New York	0,931	0,931	0,967	0,987
New Jersey	0,792	0,793	0,902	0,952
Texas	0,970	0,971	0,815	0,826
Pennsylvanie	0,864	0,864	0,897	0,893
Washington	0,833	0,856	0,926	0,865
Illinois	0,787	0,817	0,862	0,893
Ohio	0,793	0,987	0,841	0,890
Reste des États-Unis			0,870	0,922
Moyenne	0,826	0,856	0,841	0,858
Québec			0,991	0,991
Ontario			0,846	0,864
Reste du Canada			0,875	0,875
Moyenne			0,904	0,910

**Tableau A.10 : Efficacité technique moyenne, par région,
pour l'industrie des produits de métaux fabriqués**

	1996 à 1999		2000 à 2003	
	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D
Californie	0,957	0,957	0,968	0,968
Michigan	0,881	0,883	0,924	0,924
Massachusetts	0,894	0,894	0,947	0,947
New York	0,917	0,926	0,924	0,926
New Jersey	0,962	0,973	0,970	0,971
Texas	0,985	1,000	0,964	1,000
Pennsylvanie	0,968	0,968	0,932	0,932
Washington	0,992	1,000	0,970	0,991
Illinois	0,926	0,940	0,954	0,976
Ohio	0,913	0,913	0,971	0,971
Reste des États-Unis	0,924	0,936	0,965	0,967
Moyenne	0,938	0,945	0,954	0,961
Québec			0,867	0,898
Ontario			0,854	0,873
Reste du Canada			0,997	0,998
Moyenne			0,906	0,923

**Tableau A.11 : Efficacité allocative moyenne, par région,
pour l'industrie des produits de métaux fabriqués**

	1996 à 1999		2000 à 2003	
	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D
Californie	0,995	0,995	0,990	0,990
Michigan	0,998	0,996	0,998	0,998
Massachusetts	0,987	0,987	0,994	0,994
New York	0,978	0,970	0,997	0,997
New Jersey	0,997	0,997	0,981	0,982
Texas	0,972	1,000	0,952	1,000
Pennsylvanie	0,993	0,993	0,983	0,983
Washington	0,998	1,000	0,983	0,987
Illinois	0,970	0,990	0,998	0,983
Ohio	0,978	0,978	0,973	0,973
Reste des États-Unis	0,967	0,965	0,957	0,959
<i>Moyenne</i>	<i>0,985</i>	<i>0,988</i>	<i>0,982</i>	<i>0,986</i>
Québec			0,983	0,957
Ontario			0,989	0,973
Reste du Canada			0,993	0,992
<i>Moyenne</i>			<i>0,988</i>	<i>0,974</i>

**Tableau A.12 : Efficacité totale moyenne, par région,
pour l'industrie des produits de métaux fabriqués**

	1996 à 1999		2000 à 2003	
	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D
Californie	0,953	0,953	0,953	0,959
Michigan	0,880	0,880	0,880	0,922
Massachusetts	0,884	0,884	0,884	0,942
New York	0,898	0,899	0,898	0,924
New Jersey	0,960	0,971	0,960	0,953
Texas	0,958	1,000	0,958	1,000
Pennsylvanie	0,962	0,962	0,962	0,916
Washington	0,991	1,000	0,991	0,978
Illinois	0,899	0,930	0,899	0,960
Ohio	0,893	0,893	0,893	0,945
Reste des États-Unis	0,894	0,904	0,894	0,927
Moyenne	0,925	0,934	0,925	0,948
Québec			0,853	0,859
Ontario			0,844	0,850
Reste du Canada			0,990	0,990
Moyenne			0,896	0,900

**Tableau A.13 : Efficacité technique moyenne, par région,
pour l'industrie de la machinerie**

	1996 à 1999		2000 à 2003	
	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D
Californie	0,904	0,904	0,923	0,923
Michigan	0,814	0,847	0,923	0,923
Massachusetts	0,978	0,978	0,954	0,956
New York	0,932	0,940	0,941	0,946
New Jersey	0,844	0,844	0,941	0,941
Texas	0,900	0,900	0,861	0,862
Pennsylvanie	0,894	0,895	0,900	0,900
Washington	0,874	0,999	0,946	0,996
Illinois	0,861	0,871	0,926	0,927
Ohio	0,741	0,890	0,841	0,911
Reste des États-Unis	0,807	0,880	0,871	0,970
Moyenne	0,868	0,904	0,912	0,932
Québec			0,953	0,996
Ontario			0,957	0,996
Reste du Canada			0,995	0,995
Moyenne			0,968	0,996

**Tableau A.14 : Efficacité allocative moyenne, par région,
pour l'industrie de la machinerie**

	1996 à 1999		2000 à 2003	
	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D
Californie	0,920	0,920	0,911	0,911
Michigan	0,916	0,971	0,934	0,982
Massachusetts	0,999	1,000	0,996	0,995
New York	0,982	0,987	0,962	0,978
New Jersey	0,921	0,930	0,967	0,978
Texas	0,924	0,932	0,913	0,974
Pennsylvanie	0,970	0,971	0,952	0,972
Washington	0,935	0,979	0,950	0,997
Illinois	0,965	0,977	0,936	0,962
Ohio	0,890	0,985	0,885	0,990
Reste des États-Unis	0,893	0,996	0,914	0,990
Moyenne	0,938	0,968	0,938	0,975
Québec			0,992	0,999
Ontario			0,986	0,986
Reste du Canada			0,997	0,997
Moyenne			0,992	0,994

**Tableau A.15 : Efficacité totale moyenne, par région,
pour l'industrie de la machinerie**

	1996 à 1999		2000 à 2003	
	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D
Californie	0,836	0,836	0,843	0,843
Michigan	0,745	0,822	0,863	0,907
Massachusetts	0,977	0,977	0,951	0,951
New York	0,916	0,928	0,906	0,925
New Jersey	0,776	0,783	0,912	0,921
Texas	0,837	0,844	0,788	0,840
Pennsylvanie	0,866	0,868	0,858	0,875
Washington	0,817	0,978	0,900	0,993
Illinois	0,831	0,851	0,868	0,892
Ohio	0,659	0,877	0,746	0,902
Reste des États-Unis	0,721	0,876	0,796	0,960
Moyenne	0,816	0,876	0,857	0,910
Québec			0,945	0,995
Ontario			0,944	0,982
Reste du Canada			0,992	0,992
Moyenne			0,961	0,990

**Tableau A.16 : Efficacité technique moyenne, par région,
pour le secteur des équipements de transport**

	1996 à 1999		2000 à 2003	
	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D
Californie	0,880	0,880	0,923	0,923
Michigan	0,908	0,912	0,951	0,951
Massachusetts	0,790	0,892	0,724	0,762
New York	0,861	0,861	0,882	0,882
New Jersey	0,907	0,978	0,983	0,983
Texas	0,881	0,000	0,926	0,988
Pennsylvanie	0,842	0,866	0,875	0,881
Washington				
Illinois	0,830	0,883	0,843	0,891
Ohio	0,922	0,997		
Reste des États-Unis			0,936 ¹⁸	1,000
Moyenne	0,869	0,808	0,894	0,918
Québec			0,844	0,844
Ontario			0,868	0,961
Reste du Canada			1,000	1,000
Moyenne			0,904	0,935

¹⁸ Incluant les données pour Washington et l'Ohio

**Tableau A.17 : Efficacité allocative moyenne, par région,
pour l'industrie des équipements de transport**

	1996 à 1999		2000 à 2003	
	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D
Californie	0,982	0,982	0,977	0,977
Michigan	0,990	0,990	0,985	0,986
Massachusetts	0,946	0,992	0,914	0,887
New York	0,963	0,963	0,993	0,993
New Jersey	0,897	0,921	0,980	0,981
Texas	0,973	1,000	0,987	0,999
Pennsylvanie	0,958	0,949	0,970	0,965
Washington				
Illinois	0,988	0,972	0,989	0,979
Ohio	0,982	0,998		1,000
Reste des États-Unis			0,972	
Moyenne	0,964	0,974	0,974	0,974
Québec			0,973	0,979
Ontario			0,977	0,989
Reste du Canada			1,000	1,000
Moyenne			0,983	0,989

**Tableau A.18 : Efficacité totale moyenne, par région,
pour le secteur des équipements de transport**

	1996 à 1999		2000 à 2003	
	Sans R&D	Avec R&D	Sans R&D	Avec R&D
Californie	0,864	0,864	0,902	0,921
Michigan	0,900	0,932	0,938	0,938
Massachusetts	0,756	0,887	0,661	0,676
New York	0,829	0,829	0,876	0,876
New Jersey	0,816	0,921	0,965	0,966
Texas	0,858	1,000	0,915	0,988
Pennsylvanie	0,807	0,821	0,849	0,850
Washington				
Illinois	0,820	0,858	0,834	0,872
Ohio	0,906	0,995		
Reste des États-Unis			0,911	1,000
Moyenne	0,839	0,901	0,872	0,899
Québec			0,823	0,827
Ontario			0,849	0,951
Reste du Canada			1,000	1,000
Moyenne			0,891	0,926

BIBLIOGRAPHIE

- Caves, D.W., L.R. Christensen et W.E. Diewert. 1982. "The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity". *Econometrica*. (50). pp. 1393-1414
- Charnes, A., W. Cooper, A.Y. Lewin et L.M. Seiford. 1994. *Data Envelopment Analysis: theory, methodology and applications*. Kluwer Academic Publisher.
- Czarnitzki, Dirk, Petr Hanel et Julio Miguel Rosa. 2005. "Evaluating the impact of R&D tax credits on innovation: a microeconomic study on Canadian firm". *Centre International de recherche en sciences et technologies*. 21p.
- Dagenais, Marcel, Pierre Mohnen et Pierre Therrien. 2004. « Les firmes canadiennes répondent-elles aux incitations fiscales à la recherche et développement ? » *L'Actualité économique*. Vol. 80. nos 2-3. pp. 175-205.
- El Mouchtaray, Nabil. 2003. « Efficacité des incitations fiscales à la recherche et développement des firmes canadiennes. » *Département des sciences économiques de l'Université du Québec à Montréal*. 39 p.
- Färe, Rolf, Shawna Grosskopf, Mary Norris et Zhongyang Zhang. 1994. "Productivity growth, technical progress and efficiency change in industrialized countries". *The American Economic Review*. vol. 84, no 1 (mars 1994), pp. 66-83.
- Farrell, M.J. 1957. « The measurement of productive efficiency ». *Journal of the Royal Statistical Society*. vol. 120, no 3, pp. 253-290
- Fecher, Fabienne, et Sergio Perelman. 1989a. "Productivité, progrès technique et efficacité: une étude comparative de 14 secteurs industriels belges". *Annales d'Économie et de Statistique*. no 13, pp. 93-118.
- Fecher, Fabienne, et Sergio Perelman. 1989b. "Productivity growth, technological progress and R&D in OECD industrial activities". *Proceedings of the 45th Congress of the International Institute of Public Finance*. pp. 231-249.
- Forsund, Finn R., et Nikias Sarafoglou. 2002. "On the origins of data envelopment analysis" *Journal of Productivity Analysis*. Vol. 17. pp. 23-40.
- Guérard, Claude. 1976. "Programmation linéaire". *Les Presses de l'Université de Montréal Éditions Eyrolles*. 416 p.
- Griliches, Zvi. 1979. "Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth". *The Bell Journal of Economics*. vol. 10, no 1 (printemps), pp. 92-116

- Griliches, Zvi, et Frank Lichtenberg. 1982. "R&D and productivity at the industry level: is there still a relationship?" *National Bureau of Economic Research*. No. 850.
- Griliches, Zvi, et Jacques Mairesse. 1981. "Productivity and R&D at a firm level". *National Bureau of Economic Research*, 47 p.
- Howe, J.D., et D.G. McFetridge. 1976. "The determinants of R&D expenditures". *The Canadian Journal of Economics*. Vol. 9 no. 1 pp. 57-71
- Kumar, Subodh, et R. Robert Russel. 2002. "Technological change, technological catch-up and capital deepening: relative contributions to growth and convergence". *The American Economic Review*. vol. 92, no 3 (juin 2002), pp. 527-548.
- Lanoue, Michèle. 2005. « Recherche et développement industriels, Perspective 2005 ». *Statistiques Canada*. 88-202-XIF. 96 p.
- Levin, Richard C. , Alvin K. Klevorick, Richard R. Nelson, Sidney G. Winter, Richard Gilbert et Zvi Griliches. 1987. "Appropriating the returns from industrial research and development. " *Brookings Paper on Economic Activity*. Vol 1987. no. 3. pp.783-831.
- Lichtenberg, Frank R. 1987. "The effect of government funding on private industrial research and development : a re-assessment" . *The Journal of Industrial Economics*. Vol. 36 no. 1. pp. 97-104
- Ram, Rati, et Rajeev K. Goel. "Research and development expenditures and economic growth : a cross-country study." *Economic development and cultural change*. Vol. 42. no. 2. pp. 403-411
- Robson, Martin T. 1993. "Federal funding and the level of private expenditure on basic research". *Southern Economic Journal*. Vol. 60 no. 1. pp. 63-71
- Schellings, Robert. 2004. "Statistiques sur la R-D industrielle, selon les régions, 1994 à 2003". *Division des sciences, de l'innovation et de l'information électronique*. 88F0006XIF no17. 63 p.
- Switzer, Lorne. 1984. "The determinants of industrial R&D: a funds flow simultaneous equation approach". *The Review of Economics and Statistics*. Vol. 66 no.1. pp.163-168
- Vierstraete, Valérie, et Pierre Ouellette. "Malmquist indexes with quasi-fixed inputs: an application to school districts in Québec." 26 p.

Sites Internet

Statistique Canada

www.statcan.ca

Organisme de Coopération et Développement Économique

www.oecd.org

Institut de la Statistique du Québec

www.stat.gouv.qc.ca

National Science Foundation

www.nsf.gov

Census Bureau

www.census.gov

Bureau of Labor Statistics

www.bls.gov